



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE LA TORRETA PORTAHERRAMIENTAS DEL CENTRO DE MECANIZADO BRIDGEPORT DE LA FACULTAD DE MECÁNICA, APLICANDO LA TECNOLOGÍA CAD/CAM”

**LOOR REYNA JEFFERSON EDUARDO
TAYUPANDA PAGALO MARIO KLEBER**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2015-11-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

LOOR REYNA JEFFERSON EDUARDO
TAYUPADA PAGALO MARIO KLEBER

Titulado:

“MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE LA TORRETA
PORTAHERRAMIENTAS DEL CENTRO DE MECANIZADO BRIDGEPORT
DE LA FACULTAD DE MECÁNICA, APLICANDO LA TECNOLOGÍA
CAD/CAM”

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR

Ing. Carlos Álvarez Pacheco
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LOOR REYNA JEFFERSON EDUARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE LA TORRETA PORTAHERRAMIENTAS DEL CENTRO DE MECANIZADO BRIDGEPORT DE LA FACULTAD DE MECÁNICA, APLICANDO LA TECNOLOGÍA CAD/CAM”

Fecha de Examinación: 2016-11-10

RESULTADOS DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente de Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TAYUPANDA PAGALO MARIO KLEBER

TRABAJO DE TITULACIÓN: “MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE LA TORRETA PORTAHERRAMIENTAS DEL CENTRO DE MECANIZADO BRIDGEPORT DE LA FACULTAD DE MECÁNICA, APLICANDO LA TECNOLOGÍA CAD/CAM”

Fecha de Examinación: 2016-11-10

RESULTADOS DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente de Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los Autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Loor Reyna Jefferson Eduardo

Tayupanda Pagalo Mario Kleber

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Loor Reyna Jefferson Eduardo y Tayupanda Pagalo Mario Kleber, declaramos que el presente trabajo de grado es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como Autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de grado.

Loor Reyna Jefferson Eduardo
Cédula de Identidad: 171972077-1

Tayupanda Pagalo Mario Kleber
Cédula de Identidad: 060437826-5

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios por darme salud y vida.

De la misma forma le agradezco a mi madre Cruz Reyna quien ha luchado arduamente por verme crecer y superarme en la vida, con el apoyo incondicional de su esposo Victoriano Hinojosa que ha sido pilar fundamental en el hogar; a la vez agradecerle a mi segunda madre Marilú Zambrano por el inmenso amor brindado a lo largo de mi vida, a mi hermana querida Jennifer Loor y a mí hijo amado Dylan Loor, como a todo el resto de la familia.

De igual forma dedico este logro a mi director y asesor por el apoyo académico-científico, para el desarrollo del trabajo de grado.

Loor Reyna Jefferson Eduardo

El presente trabajo de grado se la dedico a Dios por permitirme gozar de buena salud, guiarme por el camino del bien, llenarme de fortaleza para seguir adelante y no decaer durante las adversidades que se presentaban en el transcurso de mi vida Universitaria.

De igual manera, dedico a mis padres Carlos Tayupanda y Fanny Pagalo quienes me han apoyado económica y moralmente durante toda mi formación profesional, inculcándome buenos valores de responsabilidad, humildad y deseos de superación.

A mi hermana y familia en general, porque ellos me han brindado su apoyo moral e incondicional, y quienes han estado presentes en los buenos y malos momentos.

Tayupanda Pagalo Mario Kleber

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a Dios, por darme la oportunidad de superarme en la vida y alcanzar las metas propuestas.

De igual forma a quienes han sido partícipes de mis logros y han respaldado cada etapa del transcurso de mi vida, en ellos están: mi madre; Cruz Reyna, mi abuela; Marilú Zambrano, mi hermana; Jennifer Loor.

Y por último agradezco a la ESPOCH en especial a la Facultad de Mecánica, escuela de Ingeniería Industrial, como a todas sus autoridades, personal docente, administrativo, de servicio; miembros de tribunal: director; Ángel Guamán Mendoza, asesor; Carlos Alvarez Pacheco y presidente de tribunal; Marco Almendariz Puente.

Loor Reyna Jefferson Eduardo

En primer lugar agradezco a Dios por bendecirme, y cumplir con mi sueño más anhelado. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme aceptado ser parte de ella, especialmente a la escuela de Ingeniería Industrial por abrirme las puertas de su seno científico para poder culminar mi carrera.

Agradezco a los ingenieros: Ángel Guamán, Carlos Alvarez, director y asesor del trabajo de titulación, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos científicos, experiencia, paciencia y motivación, durante el desarrollo del presente trabajo.

Para finalizar también quiero agradecer a mis padres y hermana que con su gran esfuerzo siempre supieron darme su apoyo.

Tayupanda Pagalo Mario Kleber

CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	4
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	4
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i>	5
1.3.3 <i>Justificación práctica</i>	5
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 <i>Objetivo general.</i>	7
1.4.2 <i>Objetivo específicos:</i>	7
2 MARCO TEÓRICO	
2.1 Recomendaciones de seguridad para usar el CNC	8
2.2 Introducción al sistema neumático del C.M. Bridgeport.....	8
2.2.1 <i>Neumática.</i>	8
2.3 Unidad de preparación del aire (FRL)	10
2.3.1 <i>Filtro del aire comprimido</i>	11
2.3.2 <i>Regulador de presión</i>	12
2.3.3 <i>Lubricador del aire a presión</i>	13
2.4 Control direccional o válvulas distribuidoras	14
2.4.1 <i>Electroneumática</i>	15
2.4.2 <i>Electroválvulas (válvulas electromagnéticas)</i>	16
2.4.3 <i>Principio de funcionamiento de la electroválvula 5/2 vías, pilotada</i>	16
2.5 Cilindro neumático de doble efecto del C.M.....	17
2.6 Funcionamiento neumático del sistema de sujeción portaherramientas	18
2.7 Partes que conforman los útiles de sujeción de herramientas	20
2.8 Almacén de herramientas BT40	21
2.8.1 <i>Evaluación de daños en los componentes de sujeción (conos BT40)</i>	22
2.9 Modelado de la pieza del almacen de herramientas conicas BT40	23
2.10 Concepto sobre la plataforma de diseño CAD	24

2.10.1	<i>Beneficios del CAD</i>	24
2.11	Concepto sobre la plataforma de diseño CAM.....	25
2.11.1	<i>Beneficios del CAM</i>	25
2.12	Espectativas que cumple el software Siemenens NX10, en la modelación del cono BT40	25
2.13	Generación de los códigos ISO, previo al proceso de mecanizado	26
2.14	Instrucciones preparatorias de mecanizado en CNC	26

3 MECANIZADO DEL CARRUSEL PORTAHERRAMIENTAS APLICANDO LA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA PIEZA

3.1	Parámetros de mecanizado	28
3.1.1	<i>Componentes y material de la pieza</i>	28
3.1.2	<i>Parámetros de la máquina</i>	30
3.2	Selección de los parámetros de corte.....	31
3.2.1	<i>Velocidad de Corte (VC)</i>	31
3.2.2	<i>Avance</i>	35
3.2.3	<i>Profundidad de corte</i>	39
3.3	Modelado 3D del carrusel portaherramientas en SolidWorks.....	40
3.3.1	<i>Elaboración de planos del carrusel</i>	40
3.3.2	<i>Modelado del carrusel en 3D</i>	40
3.3.3	<i>Pasar la pieza modelada al software NX10</i>	41
3.3.4	<i>Importar el modelo al software NX10</i>	41
3.4	Simulación del mecanizado con NX10	41
3.4.1	<i>Entorno de maquinado</i>	41
3.4.2	<i>Especificación del material del carrusel</i>	43
3.4.3	<i>Sobredimensionamiento del material</i>	43
3.4.4	<i>Selección de máquina y post-procesador</i>	44
3.5	Herramientas de corte	45
3.5.1	<i>Parámetros de las herramientas de corte</i>	45
3.5.2	<i>Selección del material de la herramienta de corte</i>	45
3.5.3	<i>Herramientas de mecanizado</i>	46
3.6	Operaciones de trayectorias.....	50
3.6.1	<i>Crear operación</i>	50
3.6.2	<i>Operación de planeado N1</i>	53

3.6.3	<i>Operación de planeado N2</i>	54
3.6.4	<i>Desbaste de la superficie inclinada</i>	54
3.6.5	<i>Acabado de la superficie inclinada</i>	55
3.6.6	<i>Desbaste del contorno de la pinza</i>	56
3.6.7	<i>Desbaste del contorno exterior</i>	56
3.6.8	<i>Desbaste del contorno N3</i>	57
3.6.9	<i>Acabados y detalles del carrusel</i>	57
3.6.10	<i>Acabado del contorno de la pinza</i>	58
3.6.11	<i>Perforado del agujero</i>	58

4 FABRICACIÓN DEL CARRUSEL PORTAHERRAMIENTAS EN EL VMC BRIDGEPORT 800/22

4.1	Códigos ISO en la programación	59
4.1.1	<i>Códigos generales o preparatorios</i>	60
4.1.2	<i>Códigos Misceláneos</i>	63
4.2	Generación de códigos para la manufactura de cada parte del carrusel	63
4.2.1	<i>Códigos generados con NX10 para el mecanizado del Carrusel</i>	64
4.3	Transferencia de códigos al centro de mecanizado Bridgeport 800/22	65
4.4	Mecanizado del carrusel portaherramientas	67
4.4.1	<i>Sujeción del material</i>	67
4.4.2	<i>Encontrar el cero pieza</i>	67
4.4.3	<i>Mecanizado del carrusel porta-herramientas</i>	68
4.5	Análisis de adquisición del componente o material	71

5 COSTOS

5.1	Costos directos	73
5.2	Costos indirectos	73
5.3	Costo total	73

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	74
6.2	Recomendaciones	75

BIBLIOGRAFÍA ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Uso de la neumática..... 9
2	Simbología de válvulas distribuidoras..... 15
3	Especificación del cono de sujeción tipo BT..... 21
4	Evaluación de daños en los componentes de sujeción conos BT40. 23
5	Características del nylon..... 29
6	Información general..... 30
7	Características técnicas..... 30
8	Velocidad de corte y avance por diente recomendado. 32
9	Lenguaje de programación ISO..... 60
10	Estructura de bloque de programación CNC..... 60
11	Lista de códigos G. 61
12	Códigos preparatorios..... 62
13	Encendido y reinicio de los códigos G. 62
14	Funciones auxiliares M..... 63
15	Análisis del material en bruto 71
16	Análisis del componente ya elaborado. 72
17	Costos directos..... 73
18	Costos indirectos..... 73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Estados del aire comprimido	10
2 Símbolos CETOP para unidades de mantenimiento.....	11
3 Filtro del aire comprimido.	11
4 Regulador de presión.	12
5 Lubricador de aire comprimido. Dibujo de sección y símbolo.	14
6 Nomenclatura de válvulas.	15
7 Electroválvula 5/2 vías, monoestable y su simbología correspondiente.	17
8 Cilindro de doble efecto y su simbología.	18
9 Sección en corte del husillo, con portaherramientas	19
10 Partes que conforman el portaherramientas BT40.	20
11 Partes principales del VMC Bridgeport 800/22	22
12 Modelado en Solidworks, segmento del carrusel.	24
13 Aplicación del software Siemens NX10.....	26
14 Carrusel portaherramientas 3D.	28
15 Máquina herramienta Bridgeport VMC 800/22	31
16 Fresa plana HSS Ø18 mm	32
17 Fresa plana HSS Ø19 mm	33
18 Fresa plana HSS Ø 6 mm	33
19 Fresa plana HSS Ø12 mm	34
20 Fresa plana HSS Ø 3 mm	34
21 Fresa plana HSS Ø 18 mm de 4 filetes	36
22 Fresa plana HSS Ø 19 mm de 2 filetes	36
23 Fresa plana HSS Ø 6 mm de 4 filetes	37
24 Fresa plana HSS Ø 6 mm de 2 filetes	37
25 Fresa plana HSS Ø 12 mm de 4 filetes	38
26 Fresa plana HSS Ø 3 mm de 4 filetes	39
27 Vista superior y corte (Sección B-B).....	40
28 Modelado en SolidWorks, cono BT40.	40
29 Carrusel en extensión PARASOLID.	41
30 Entorno de máquina.....	42
31 Sistemas de coordenadas dinámicas.	42
32 Selección del material del carrusel.	43
33 Material de ensayo, prototipo en bloque de madera.....	43
34 Sobredimensionamiento del material en la pieza	44
35 Selección de la máquina herramienta	44
36 Parámetros de herramientas.....	45
37 Selección del material de mecanizado.	46
38 Fresa plana HSS Ø 18mm	47
39 Fresa plana HSS Ø 19mm	47

40	Fresa redonda Ø 6mm.....	48
41	Fresa plana Ø 12mm.....	48
42	Fresa plana Ø 6mm.....	49
43	Fresa plana Ø 3mm.....	49
44	Tablas de herramientas de mecanizado	50
45	Ventana para crear operación	51
46	Parámetros de operación.....	51
47	Ventana de los parámetros de corte	52
48	Parámetros de avance y velocidad.....	52
49	Verificación de operación.....	53
50	Trayectoria de la herramienta y simulación 3D del planeado N1	54
51	Trayectoria de la herramienta y simulación 3D del planeado N2	54
52	Trayectoria de la herramienta y simulación 3D.....	55
53	Trayectoria de la herramienta y acabado de la superficie inclinada.....	55
54	Trayectoria de la herramienta y simulación en 3D	56
55	Trayectoria de la herramienta y desbaste del contorno exterior	56
56	Trayectoria de la herramienta y desbaste del contorno N3	57
57	Trayectoria de la herramienta y simulado del acabado 3D	57
58	Trayectoria y simulación del acabado de la pinza en 3D	58
59	Trayectoria y simulación del perforado del agujero	58
60	Diseño con sistema CAD.....	59
61	Códigos convencionales ISO.....	59
62	Editor CINCO EDIT, generador de códigos	65
63	Simulación de códigos de programación “CINCO EDIT”	67
64	Mecanizado del contorno exterior.	68
65	Mecanizado de la superficie inclinada.....	68
66	Contorno de la pinza.....	69
67	Desbaste del contorno N3.....	69
68	Acabado del contorno de la pinza.....	70
69	Taladrado del eje guía.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS

2D	Dibujo en 2 dimensiones
3D	Dibujo en 3 dimensiones
CAD	Dibujo Asistido por Computadora
CAE	Ingeniería Asistida por Ordenador
CAM	Manufactura Asistida por Computadora
CETOP	Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas
CIM	Fabricación Integrada con Ordenador
CM	Centro de Mecanizado
CNC	Control Numérico Computarizado
DIN	Instituto Alemán de Normalización
DNC	Control Numérico Directo
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
FRL	Filtro, Regulador, Lubricador
HP	Caballos de fuerza
IVA	Impuesto al Valor Agregado
ISO	Organización Internacional de Normalización
MHCN	Máquina Herramienta de Control Numérico
NC	Control Numérico
NC	Normalmente Cerrado
NO	Normalmente Abierto
PLC	Controlador Lógico Programable
EPP	Equipo de Protección Personal
UCP	Unidad central de proceso
VMC	Centro de Mecanizado Vertical

LISTA DE ANEXOS

- A** Normas básicas de seguridad
- B** Válvulas (5/2 y 5/3) vías (catálogo AIRTAC)
- C** Filtro regulador integrado (catálogo AIRTAC)
- D** Hoja del proceso de mecanizado del carrusel portaherramientas
- E** Códigos ISO
- F** Sistema neumático del VMC Bridgeport 800/22

RESUMEN

El trabajo considerado propuesta tecnológica centra su estudio en habilitar al carrusel portaherramientas del centro de mecanizado Bridgeport VMC 800/22, del taller de CAD/CAM, escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH. Donde se establecerán las razones que ocasionan daños a los componentes de sujeción de conos BT40. Con la ayuda de los manuales del fabricante de la maquina como guía.

Se ejecutará su respectivo mantenimiento a los elementos de accionamiento del sistema neumático en la MHCN, decidiendo que partes del mismo se encuentran en función operativa o deben ser sustituidas por fallos mecánicos causando la descompresión del husillo; ocasionando la ruptura de los segmentos del almacén de herramientas. Esto hace que se evite situaciones de peligro en los procesos de mecanizado.

La solución de este inconveniente impedirá se sigan dañando el resto de elementos de sujeción y llegar a concluir el objetivo del tema que consiste en la modelación y fabricación de los segmentos del carrusel Bridgeport VMC 800/22, empleando la tecnología CAD/CAM y generar los códigos de programación que da como resultado el software Siemens NX10, dejando constancia del aporte teórico-práctico a la escuela de Ingeniería Industrial, a temas que se desarrollen bajo esta misma modalidad y como tal alargar la vida útil de las maquinas herramientas.

Al término de la fabricación se sustituirá todos los elementos dañados del carrusel portaherramientas Bridgeport para completar los 22 segmentos y concluir la rehabilitación del almacén de herramientas.

ABSTRACT

The work considered technological proposal. In which it focuses its study on enabling the tool holder carousel machining center Bridgeport VMC 800/22, CAD/CAM workshop, School of Industrial Engineering, ESPOCH. Where will be the place to establish the reasons that cause damage to BT40 fastening cones components, with the help of machine manuals.

The drive elements of the pneumatic system in the NCMT will be executed, saying that parts of it are in operational function, or these will be replaced by mechanical failure; causing the rupture of the segments about tools magazine, this will avoid dangerous situations in the processes of mechanisms.

The solution to this problem will prevent damage to the rest of the fastening components and, It will help to reach the objective of the subject, consisting of the modeling and manufacturing segments Carousel Bridgeport VMC 800/22, using CAD/CAM technology and generate programming codes, obtaining the result in Siemens NX 10 software, noting the theoretical and practical contribution to the school of Industrial Engineering, topics are developed under this same form and as such extend the life of the machines.

At the end of manufacturing all damaged elements of the tool holder carousel Bridgeport is replaced to complete the 22 segments, and of this way finalize the rehabilitation tool magazine.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

El modelado, es la representación geométrica del elemento que conforma al carrusel portaherramientas en su forma sólida, a un diseño 3D. Por medio del cual se logra delinear cada superficie del cuerpo de la pieza. Esta parte es importante, ya que establecemos sus dimensiones reales en cuanto a: largo, ancho y alto.

Se toman consideraciones importantes en el diseño: parámetros de contornos, superficies, extrusión, desbastes y acabados. Para concebir una pieza que cumpla con las características adecuadas a la real y así de esta forma, evitar realizar ensayos y pruebas muy costosas experimentando de forma rudimentaria sin uso de plataformas tecnológicas que conducen a grandes pérdidas de tiempo y dinero.

Al usar un software CAD, nos facilita plasmar el modelado y obtener una representación matemática de sus dimensiones, permitiéndonos simular su proceso de fabricación para lo cual designamos los diversos parámetros a las herramientas de corte a emplearse; tales como: punta de la fresa, diámetro, longitud y número de filetes.

La fabricación del componente va integrada con la tecnología CAD/CAM, que especifica la trayectoria que debe llevar la fresa en el modelo 3D del componente de sujeción de herramientas cónicas BT40 del VMC Bridgeport, estas indicaciones son ejecutadas por el post-procesador que lee los códigos de programación de la pieza a la maquina CNC.

Es importante mencionar que la máquina herramienta Bridgeport VMC 800/22 presenta graves daños en sus componentes de sujeción de herramientas, de las cuales 9 están dañadas y 13 en buenas condiciones de forma temporal, debido a que no se ha solucionado en su debido tiempo el problema causante de la ruptura de los elementos de sujeción, por descompresión del husillo.

Maquina que fue adquirida por parte de los estudiantes con estos inconvenientes por ser de segunda mano, donada a la escuela de Ingeniería Industrial.

Su intervención trajo beneficios a la escuela de Ingeniería Industrial, en las prácticas de los alumnos de la cátedra de CAD/CAM, mediante la rehabilitación del almacén de herramientas y el husillo. Cuidando la integridad física tanto de la máquina como del operario y aportando al desarrollo del aprendizaje didáctico y pedagógico.

1.1 Antecedentes

Actualmente el taller de CAD/CAM de la Facultad de Mecánica, presta sus instalaciones a la escuela de Ingeniería Industrial con la finalidad de reforzar los conocimientos teóricos (adquiridos), en la cátedra de CAD/CAM, que forma parte del pensum de estudio del séptimo semestre; mediante la práctica, en equipos industriales que fortalecen sus habilidades, con ayuda de sistemas computarizados y software de diseño, donde, realizan los diversos procesos de manufactura CIM.

Los sistemas de manufactura flexible han jugado un papel muy importante en el desarrollo industrial, mejorando la economía y productividad de un país. Tal es la razón, por la cual las máquinas herramientas son consideradas fundamental pieza en el avance tecnológico del mundo.

Estos equipos son la pieza fundamental, en la escuela de Ingeniería Industrial que contribuyen a desarrollar habilidades y destrezas en cada uno de los alumnos, incentivándoles de forma práctica a vincularse al entorno laboral de cualquier tipo de industria (con procesos de manufactura) o taller (del mismo ámbito).

Ya que el medio laboral exige actualización y mejora continua en los procesos de fabricación concernientes a: partes, piezas, accesorios, matrices, repuestos y componentes, etc.

Por tal razón la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, escuela de Ingeniería Industrial, tiene implementado un centro de mecanizado vertical Bridgeport VMC 800/22 en el taller de CAD/CAM, el mismo que será empleado en la fabricación del componente de sujeción de herramientas de la torreta; como un aporte a la investigación se concluirá la modelación y fabricación del componente expuesto a fracturas por ser un material termoplástico industrial no metálico.

De esta forma se beneficiara a la escuela de Ingeniería Industrial en poseer maquinas con respaldo de partes que sufren daños y como tal alargar la vida útil de sus equipos con fines didácticos y pedagógicos designados al personal estudiantil.

1.2 Planteamiento del problema

Se procede al análisis de diversas causas y posibles efectos en los daños ocurridos en la torreta portaherramientas, que contiene la unión de piezas segmentadas para la sujeción de conos BT40, que conforma el subconjunto de la estructura del centro de mecanizado vertical Bridgeport 800/22, que por tratarse de una maquina donada de segunda mano con trayectoria de uso; aún persisten estos inconvenientes para las prácticas de los alumnos del taller de CAD/CAM, Facultad de Mecánica, escuela de Ingeniería Industria, ESPOCH.

De esta forma se concluirá realizar una intervención minuciosa en el C.M, donde se evaluara y tomara acciones en la reparación del sistema neumático del husillo, que realiza la función de cambio de herramientas; como también la reposición de las piezas dañadas en el carrusel portaherramientas; que para llevar a cabo este proceso es necesario realizar la modelación del elemento de sujeción de conos BT40, mediante un software de diseño asistido por computadora llamado Siemens NX10, considerando mantener las dimensiones reales para su proceso de fabricación aplicando la tecnología CAD/CAM.

Adicional a ello se tomaran en cuenta parámetros esenciales para el proceso de fabricación estableciendo realizar un análisis de costos directos e indirectos que intervendrían al construir las 9 piezas dañadas, considerando el mismo material y completar así las 22 piezas de sujeción de conos BT40, que le conforman al carrusel.

Mediante este estudio estableceremos la mejor opción que contempla el fabricarlo en el VMC Bridgeport 800/22 o adquirirlo.

Todo el trabajo en si mejora las condiciones de funcionamiento del VMC Bridgeport 800/22. Que garantiza el poseer una maquina con respaldo de piezas en óptimas condiciones una vez hecha la reposición y previo a ello la reparación del sistema neumático del husillo de trabajo.

Considerando al mismo tiempo el aporte del material (teórico-práctico), en los procesos de modelación y fabricación del componente de sujeción de conos BT40, que servirán para el beneficio de los alumnos de la cátedra de CAD/CAM de la escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Para solucionar los problemas presentes en el centro de mecanizado vertical Bridgeport 800/22, se tomarán en cuenta parámetros técnicos respaldados en la documentación de la máquina como:

El manual del operario y la Guía de mantenimiento del C.M.; Esta información será ampliada ya que los manuales de la máquina no detallan el funcionamiento que relaciona al husillo de trabajo y el carrusel porta-herramientas.

Al contar con poca documentación, dentro del taller de CAD/CAM, de la escuela de Ingeniería Industrial, con respecto a instrucciones teórico-prácticas que debe considerar el operario antes y después de poner en marcha al CNC Bridgeport, se investigará y realizará un **análisis de la información**, que consiste en el funcionamiento del husillo de trabajo y el carrusel porta-herramientas, para evitar la ruptura de piezas o partes constituidas entre estos dos elementos y así cuidar tanto la integridad física del operario y de la máquina.

El aporte de esta información documentada, a la escuela de Ingeniería Industrial, taller de CAD/CAM, ESPOCH; servirá para explicar con claridad los fundamentos teóricos y prácticos basándose en fuentes de información primarias y secundarias, con relación a problemas suscitados por el desconocimiento en parámetros técnicos en función al husillo de trabajo y el carrusel portaherramientas; que nos servirá para evitar futuros daños.

Se concluirá el objetivo del trabajo en la modelación y fabricación del componente a reemplazar en el carrusel portaherramientas y completar las 22 estaciones en perfectas condiciones.

1.3.2 *Justificación metodológica*

Para evidenciar los daños que persisten en el C.M. vertical Bridgeport 800/22, del taller de CAD-CAM, Facultad de Mecánica, escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH.

Se procede a verificar y evaluar cuales fueron las causas que involucraron los problemas entre el husillo de trabajo y el carrusel portaherramientas, mediante la aplicación del método deductivo y la técnica de la observación.

Se considera también el uso de fuentes de información que respaldan el funcionamiento, como también, la forma de operar la máquina, manuales elaborados por el fabricante tales como: “**El manual del operario**” y “**La guía de mantenimiento del C.M**”.

Que para este caso nos servirá, como guía técnica para proceder a realizar un estudio **cualitativo** y tomar decisiones del reporte de resultados que se obtenga en la MHCN Bridgeport VMC 800/22, proceso que se considera previo a su intervención.

Los métodos expuestos son parte de la solución que conducen a tomar la decisión respectiva al caso, que consiste en realizar la reparación del sistema neumático del husillo de trabajo, del cual, contempla el cambio de elementos en mal estado y de esta forma solucionar el aprisionamiento del cono BT40, por descompresión; evitando de esta forma la ruptura de los portaherramientas del almacén.

Adicional a ello se empleara la plataforma de diseño asistido por computadora software Siemens NX10, en el proceso de modelación y fabricación de las 9 estaciones portaherramientas BT40 quebradas y sustituirlas mediante el proceso de manufactura CIM.

1.3.3 *Justificación práctica*

El aporte realizado mediante esta documentación, a la escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH, contempla llevar a cabo la intervención en el centro de mecanizado vertical Bridgeport 800/22, el cual fue donado de segunda mano, con una amplia trayectoria de uso en procesos de manufactura.

El trabajo consiste en la modelación y fabricación de componentes de la torreta portaherramientas, específicamente en conos BT40, mediante la aplicación de sistemas computarizados CAD/CAM.

La idea nace al observar en los distintos talleres de la Facultad de Mecánica, maquinas en mal estado que ya no prestan ningún tipo de función, ni beneficio en el uso práctico, al personal estudiantil; contando con escasas máquinas para este propósito, por la falta de mantenimiento y resguardo de los componentes que conforman los elementos electromecánicos y neumáticos en ciertas maquinas herramientas.

Por lo cual se debería considerar el estudio propuesto que se hace en este tema de grado, para reponer ciertas partes expuestas a ruptura al proceso de modelación y fabricación. Con la finalidad de aprovechar convenientemente su funcionalidad y capacidad al 100% en poseer maquinas en perfecto estado, alargando así su vida útil.

Se tomara en cuenta para este trabajo, una vez finalizado el modelado del carrusel portaherramientas, realizar el análisis de costos, concernientes al proceso de fabricación donde se optara la mejor alternativa respecto a su fabricación o adquisición.

De esta forma habilitaremos los 9 segmentos dañados del carrusel portaherramientas y adicional a esto se entregara reparado el sistema de sujeción de herramientas neumático del husillo, con problemas de descompresión.

El sistema será sometido a una prueba empírica de 5 días para constatar su funcionamiento.

El material elaborado servirá al beneficio teórico-práctico de los alumnos de la catedra de CAD-CAM, de la escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH, en modelación y fabricación de componentes mecánicos, mediante uso de plataformas de diseño asistido por computadora, como es el software Siemens NX10.

Para mejorar las condiciones operativas de cualquier máquina, con resguardo de piezas y habilitación total en cuanto a las funciones del sistema de cambio de herramientas para su huso practico en procesos de manufactura.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.* Modelar y fabricar componentes de la torreta portaherramientas del VMC Bridgeport 800/22 de la Facultad de Mecánica, aplicando la tecnología CAD/CAM.

1.4.2 *Objetivo específicos:*

- Realizar una investigación cualitativa para determinar el estado situacional de la torreta portaherramientas del VMC Bridgeport 800/22.
- Identificar las piezas defectuosas de la torreta portaherramientas del CNC.
- Modelar la pieza que conforma el carrusel porta herramientas para el proceso de fabricación, empleando la tecnología CAD/CAM.
- Seleccionar el material adecuado para la fabricación.
- Determinar los costos de la propuesta.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Recomendaciones de seguridad para usar el CNC

- Tener en cuenta las reglas y normas de seguridad básicas, en el momento de manipular máquinas de herramienta (**Anexo A**).
- Solo personas calificadas y autorizadas pueden usar el equipo.
- En caso de emergencia use el “botón de parada de emergencia”.
- Se debe ajustar o encajar los conos y herramientas de corte en forma firme y segura.
- Siempre trabajar con herramientas de corte que tengan buen filo y poco desgaste.
- Después de trabajar con refrigerante, todos los componentes que hayan estado en contacto con el mismo deben ser limpiados y engrasados.
- El nivel de refrigerante debe ser chequeado periódicamente.
- Nunca limpiar la máquina con aire comprimido.
- Chequear el nivel de aceite del tanque con regularidad.
- Nunca intentar abrir la compuerta de seguridad mientras se realizan operaciones de mecanizado.

Nota: Todas las máquinas fresadoras presentan peligros debido a piezas de corte giratorias, cintas y poleas, alta tensión, ruido y aire comprimido.

Siempre debe seguirse una serie de precauciones básicas de seguridad cuando utilice máquinas CNC y sus componentes con el fin de reducir el riesgo de daño personal y mecánico.

2.2 Introducción al sistema neumático del C.M. Bridgeport

2.2.1 *Neumática.* Se considera a la neumática como el estudio del movimiento del aire, dando apertura a que el hombre ingenie su uso en molinos para moler granos y

bombear agua. A partir de 1868 George Westinghouse invento un freno de aire que mejoraría la seguridad en el transporte ferroviario. Dando inicio a que en 1850 la neumática se desarrolle en la industria a la par con los sensores (Solé, 2007).

El sistema de aire comprimido brinda control al movimiento, con el empleo de cilindros y motores neumáticos que integran la parte principal en las herramientas de potencia en el campo de la construcción, tales eran; martillos mecánicos, los taladros, los aprieta tuercas, las remachadoras, pistolas para pintar etc. Ahora se usa aire comprimido en todo el ámbito de la vida industrial de manera extensa en todos los campos (Majumdar, y otros, 1998).

Tabla 1. Uso de la neumática

<i>Uso de la neumática</i>	
Ventajas	Desventajas
El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.	Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera.
Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonables altas y fácilmente regulables.	En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.	Las presiones a las que se trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
Su uso no representa riesgos de incendio o explosión.	Requiere preparación antes de su utilización (eliminación de impurezas y humedad)
Se puede realizar la conversión del movimiento giratorio así como lineal.	Las fugas reducen el rendimiento.

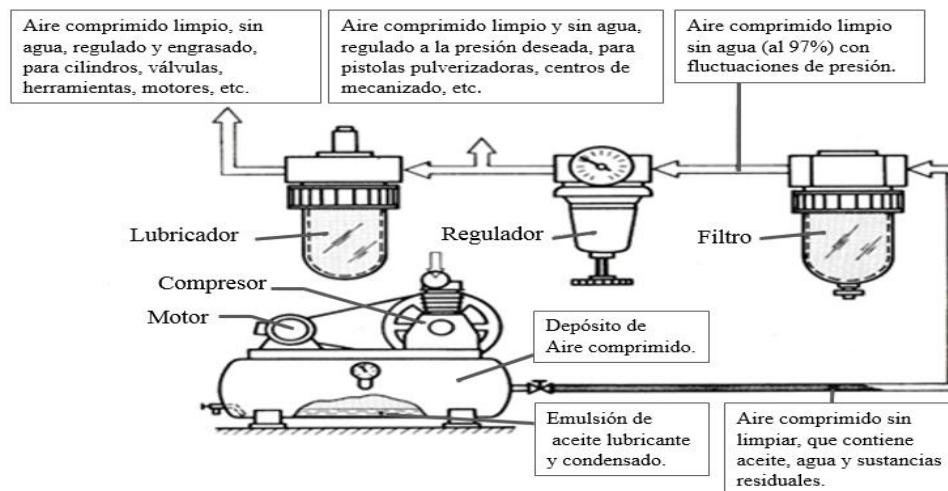
Fuente: <http://goo.gl/1l6Rel>

El sistema neumático está constituido por una fuente generadora de aire llamado compresor, que abastece toda una red o línea de distribución de aire, en la que se integra cierto número de elementos para el tratamiento del aire comprimido unidad FRL y para accionamientos.

Los dispositivos eléctricos y electrónicos; que mediante impulsos eléctricos dan la orden de activación de electroválvulas, interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos que se basan en una lógica de funcionamiento por PLC (controlador lógico programable), en la que se crea la programación de trabajo, ya sea de un cilindro o conjunto de cilindros.

Este último nos permite controlar los movimientos de aproximación y avance lento que se establezcan en los procesos de mecanizado en las maquinas fresadoras y rectificadoras. Como también se puede llegar a combinar la Neumática y la Hidráulica en procesos oleoneumáticos, que emplea una parte neumática para el accionamiento y otra hidráulica para el actuador (Solé, 2007).

Figura 1. Estados del aire comprimido



Fuente: (Besante, 1982)

2.3 Unidad de preparación del aire (FRL)

La función que cumple esta unidad una vez succionado el aire al compresor, es liberar de la presencia de diversos tipos de contaminantes de la atmósfera. Cabe mencionar que el aire que alimenta el sistema desde el compresor se contamina todavía más, en virtud de la generación de contaminantes corriente abajo (Solé, 2007).

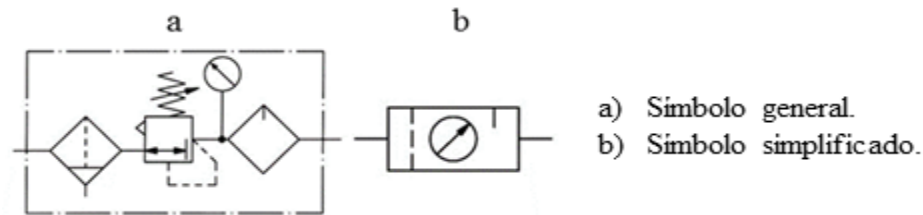
Para su utilización, precisa de un proceso de purificación, regulación y engrase por la unidad FRL (filtro, regulador, lubricador), que se muestra en la (fig. 2) y debe ir montado a la entrada general de los circuitos neumáticos, para suministrar aire puro, limpio y sin contaminante al sistema en óptimas condiciones a los órganos de trabajo y módulos de mando (Rioja, y otros, 1999).

La unidad FRL está conformada por tres elementos básicos que son:

- Filtro del aire comprimido.
- Regulador de Presión.

- Lubricación del aire a presión.

Figura 2. Símbolos CETOP para unidades de mantenimiento.

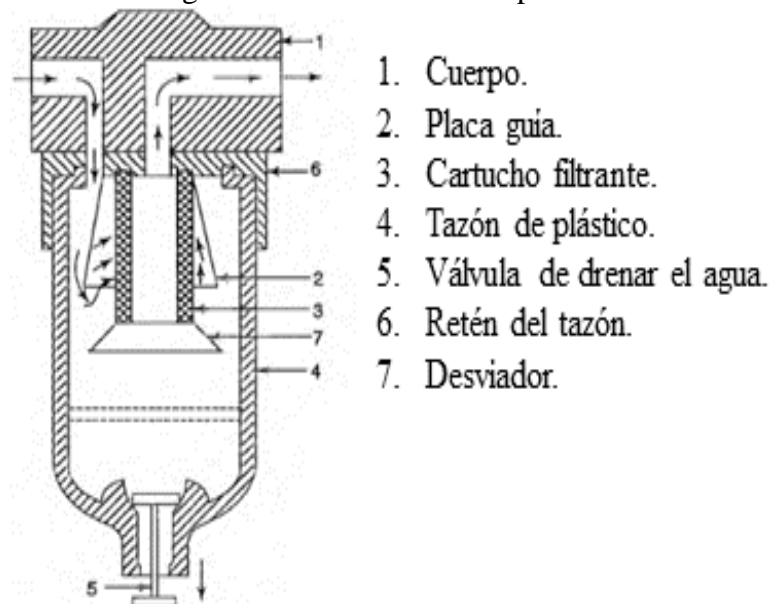


Fuente: (Rioja, y otros, 1999)

2.3.1 *Filtro del aire comprimido.* Trabajan mediante el siguiente proceso: el aire entra en el depósito (fig. 3), a través de un deflector direccional, que le obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y éstas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma (Sapiensman, 2016).

Para facilitar su limpieza y mantenimiento, el vaso va fijado normalmente mediante un sistema de bayoneta, permitiendo su desmontaje a mano sin necesidad de herramienta. El vaciado del depósito se realiza fácilmente mediante un sistema de purga manual flexible. El agua y las partículas que se depositan en la cuba del filtro deben ser evacuados, ya que de lo contrario, al alcanzar un nivel determinado, el aire arrastraría el agua de condensación hacía el sistema neumático (Royo, 1996).

Figura 3. Filtro del aire comprimido.



Fuente: (Majumdar, y otros, 1998)

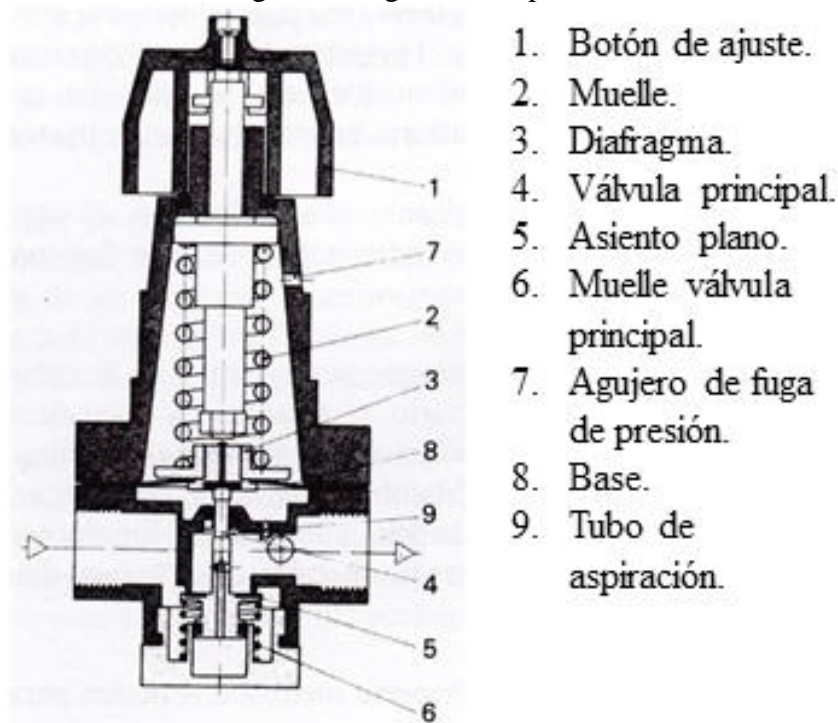
2.3.2 *Regulador de presión.* El nivel de la presión del aire comprimido generado por el compresor no es constante. Las oscilaciones de la presión en las tuberías pueden incidir negativamente en las características de comunicación de las válvulas, en la velocidad de los cilindros y en la regulación del tiempo en válvulas de estrangulación y de retorno (Rojas, 2009).

Los reguladores de presión (fig. 4), permiten establecer un caudal de aire comprimido a una presión constante y ajustada al punto de trabajo independientemente de las fluctuaciones producidas en la red de distribución. Suelen ser del tipo diafragma o pistón cargado por muelle y válvula equilibrada.

La válvula principal es de asiento plano y ha de situarse convenientemente en el tubo de aspiración. Por lo tanto, la regulación se consigue siempre reduciendo la presión de alimentación (Royo, 1996).

La presión de trabajo es indicada en un instrumento de medición. El regulador no precisa de mantenimiento, siempre y cuando se haya instalado delante de él un filtro de aire (Rojas, 2009).

Figura 4. Regulador de presión.



Fuente: (Royo, 1996)

2.3.3 *Lubricador del aire a presión.* El lubricador tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente. Para así lograr un correcto funcionamiento del sistema neumáticos y obtener un desplazamiento suave, evitando un desgaste prematuro de dichas partes, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión (Royo, 1996).

La función de estos aparatos es incorporar al aire ya tratado, una determinada cantidad de aceite.

Una clasificación razonable para ello puede hacerse atendiendo a una zona de influencia, así tenemos:

- Unidades individuales de lubricación, (ejemplo; un CNC).
- Unidades centrales de lubricación, (ejemplo; la red de aire comprimido)

Son aparatos que regulan y controlan la mezcla aire/aceite. Los aceites que se emplean deben ser (Rioja, y otros, 1999):

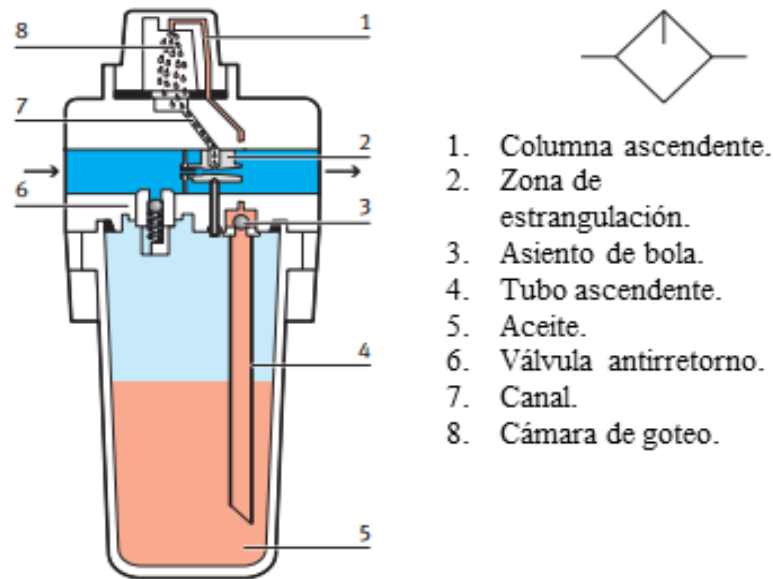
- Muy fluidos.
- Contener aditivos antioxidantes.
- Contener aditivos antiespumantes.
- No perjudicar los materiales de las juntas.
- Tener una viscosidad poco variable trabajando entre 20 °C y 50 °C.
- No pueden emplearse aceites vegetales (forman espuma).

Parte del aire que entra en el lubricador circula a través de un pequeño orificio hasta el depósito de aceite. Éste se eleva a través de un tubo sumergido en el mismo, hasta la parte superior del lubricador.

Cuando se produce la circulación del aire en el lubricador, y como consecuencia de su velocidad, se presenta el efecto Venturi.

Éste eleva el aceite y lo pulveriza, produciendo una fina niebla que se deposita en las paredes de las tuberías y accionadores neumáticos (Royo, 1996).

Figura 5. Lubricador de aire comprimido. Dibujo de sección y símbolo.



Fuente: (Ebel, y otros, 2010)

Observaciones:

El lubricador no trabaja hasta que la velocidad del flujo es suficientemente grande. Si se consume poco aire, la velocidad de flujo en la tobera no alcanza para producir una depresión suficiente y aspirar el aceite del depósito. Por eso, hay que observar los valores de flujo que indica el fabricante (Sapiensman, 2016).

2.4 Control direccional o válvulas distribuidoras

El control direccional, permite a las válvulas orientar o detener un fluido de aire, a través de sus vías de acceso: abriendo, cerrando o cambiando sus conexiones internas (excluidos los orificios de pilotaje).

Constituyen los órganos de mando de un circuito y la simbología de las válvulas la establece la norma DIN-ISO 1219 (Internacional Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), donde su nomenclatura se muestra en la (tabla 2) (PERALTA, 2011).

La definición de las válvulas viene dado por:

- Número de vías.
- Número de posiciones.
- Método de activación.

Los primeros dos puntos expresan la designación por número de vías de conexión y número de posiciones estables del elemento de distribución en términos 3/2, 5/2, 5/3, etc.

Donde la primera cifra, es el número de vías, mientras que la segunda, designa el número de posiciones que la válvula puede asumir en el transcurso del tiempo (ver la fig. 6) (PERALTA, 2011).

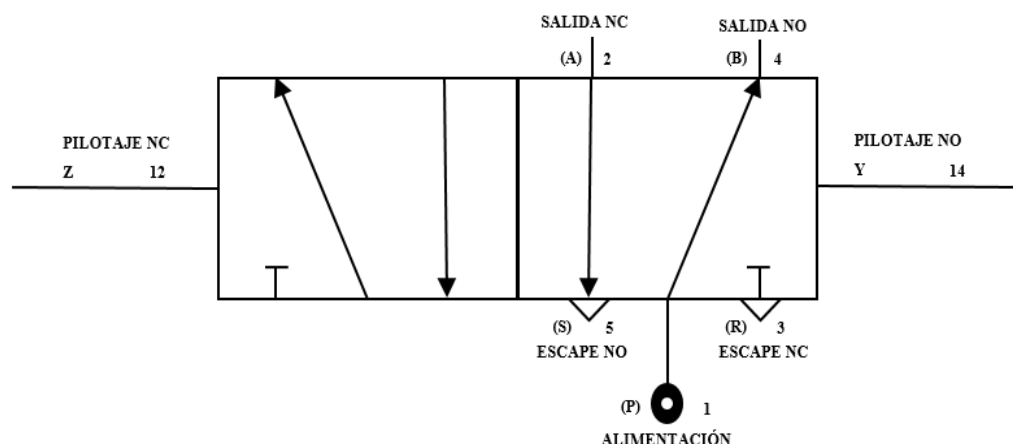
El tercer punto es el método de activación para regular el arranque, parada y el sentido así como la presión o el caudal del aire de los cilindros neumáticos, existen varios sistemas de accionamiento de las válvulas: manual, mecánico, eléctrico, hidráulico o neumático. Los sistemas más utilizados son las válvulas distribuidoras, entre otras (Solé, 2007).

Tabla 2. Simbología de válvulas distribuidoras.

ISO 1219 Alfabético	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión del aire comprimido (Alimentación)
A,B,C	2, 4 , 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas.
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape.
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento.
L	9	Fuga.

Fuente: (Solé, 2007)

Figura 6. Nomenclatura de válvulas.



Fuente: Autores

2.4.1 *Electroneumática.* Los sistemas electroneumáticos permiten un alto grado de sofisticación y de flexibilidad. Controlan los cilindros mediante válvulas de solenoide y

obtienen las señales de realimentación a través de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. Las funciones lógicas se obtienen por hardware o bien se programan en un PLC (controlador lógico programable) (Solé, 2007).

En la electroneumática los actuadores siguen siendo los mismos que en la neumática básica, con la diferencia que las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido.

Las electroválvulas son convertidores electroneumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática (Industrial, Makro, 2014).

2.4.2 *Electroválvulas (válvulas electromagnéticas).* Consta de una válvula neumática como medio de generar una señal de salida, y de un accionamiento eléctrico denominado solenoide. La aplicación de una corriente al solenoide genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula (Industrial, Makro, 2014).

Cumplen una función específica en la activación de mecanismos, que consiste en liberar o desviar el flujo de aire de un sistema neumático. Las válvulas solenoides o eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (NC, NO) por donde circula el aire y la cantidad de posiciones de control que poseen, adicional a ello las electroválvulas pueden ser monoestables o biestables (Sapiensman, 2016).

- *Electroválvulas monoestables:* Consta de una sola bobina también llamado solenoide, y se reposiciona automáticamente mediante muelle en el momento que se deja de actuar eléctricamente sobre el solenoide.
- *Electroválvulas biestables:* Disponen de dos bobinas, una a cada lado; cuando se deja de actuar sobre una de ellas la válvula queda en la misma posición, siendo necesaria la actuación sobre la bobina contraria para que la válvula se invierta.

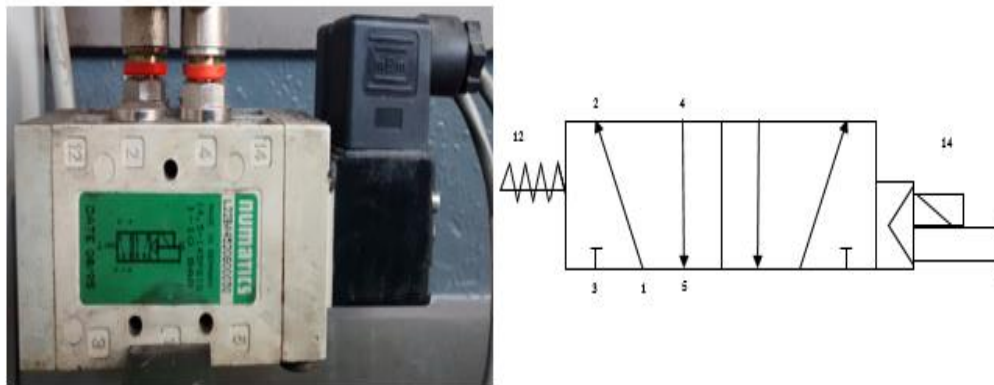
2.4.3 *Principio de funcionamiento de la electroválvula 5/2 vías, pilotada.* El principio de funcionamiento de la válvula 5/2 vías, es similar a la válvula 4/2 vías; con la

diferencia en cuanto a la primera que tiene dos escapes y la segunda que solo tiene un único escape.

En posición inicial, el muelle fuerza a la corredera de tal manera que conecta 1 con 2 y 4 con 5, mientras que 3 queda aislado (fig. 7). Al activar el solenoide se abre la válvula auxiliar pasando aire al lado izquierdo de la corredera, desplazándose ésta, resultando que:

- El aire escapa de 2 hasta 3.
- El escape 5 se bloquea.
- El aire fluye ahora de 1 hacia 4.

Figura 7. Electroválvula 5/2 vías, monoestable y su simbología correspondiente.



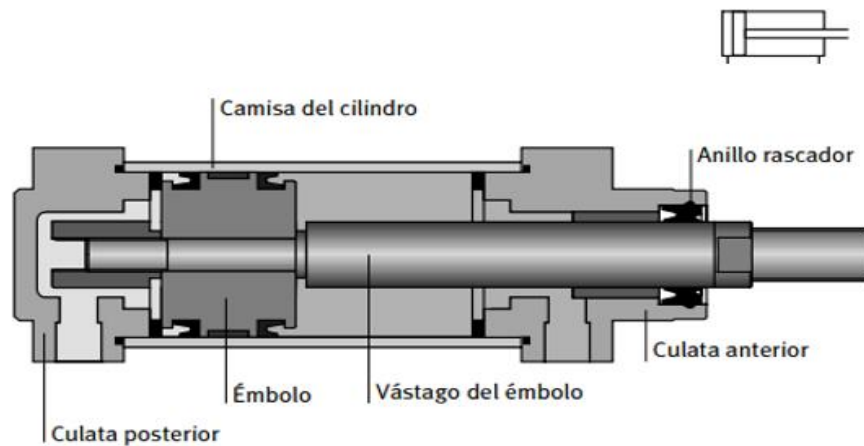
Fuente: Autores

Dado el corto recorrido de actuación, las bajas fuerzas de fricción y el accionamiento por pilotaje, esta ejecución puede utilizar un solenoide pequeño, lo cual le proporciona un tiempo de respuesta breve. Su montaje se hace sobre la base de un colector o manifolds en la que podemos colocar varias electroválvulas de forma simultanea, pero las posiciones sin ocupar se pueden obturar utilizando un accesorio de cierre (Industrial, Makro, 2014).

2.5 Cilindro neumático de doble efecto del C.M.

Funcionamiento: Los cilindros de doble efecto tienen una conexión en cada lado, es decir, en cada cámara de presión. Antes de ejecutar el movimiento en el sentido contrario, es necesario descargar primero el aire contenido en la cámara del lado opuesto (lado del vástago o lado del émbolo) (Ebel, y otros, 2008).

Figura 8. Cilindro de doble efecto y su simbología.



Fuente: (Croser, y otros, 2000)

Activación: El centro de mecanizado Bridgeport VMC 800/22 está equipado de 2 cilindro de doble efecto vástago simple. Estas trabajan independientemente bajo la función de dos electroválvula 5/2 vías monoestable, para realizar, el cambio de marcha y el cambio de herramientas, adicional a ello, una electroválvula 5/2 vías que controla al vástago de chorro de aire.

2.6 Funcionamiento neumático del sistema de sujeción portaherramientas

El montaje del portaherramientas BT40 en el mango del mandril, cumple un factor de suma importancia en el centro de mecanizado a la hora de obtener piezas con la suficiente precisión dimensional y calidad superficial. Por lo que se toma en cuenta los siguientes aspectos (Lamikiz, y otros, 2002):

- El montaje y desmontaje de la herramienta en la máquina debe ser sencillo.
- Permitir el cambio automático de éstas.
- Ajuste preciso con el husillo de la máquina.
- Permitir un perfecto alineamiento del eje de la herramienta con el eje del husillo.
- No introducir pérdidas de rendimiento ni rigidez en el sistema.

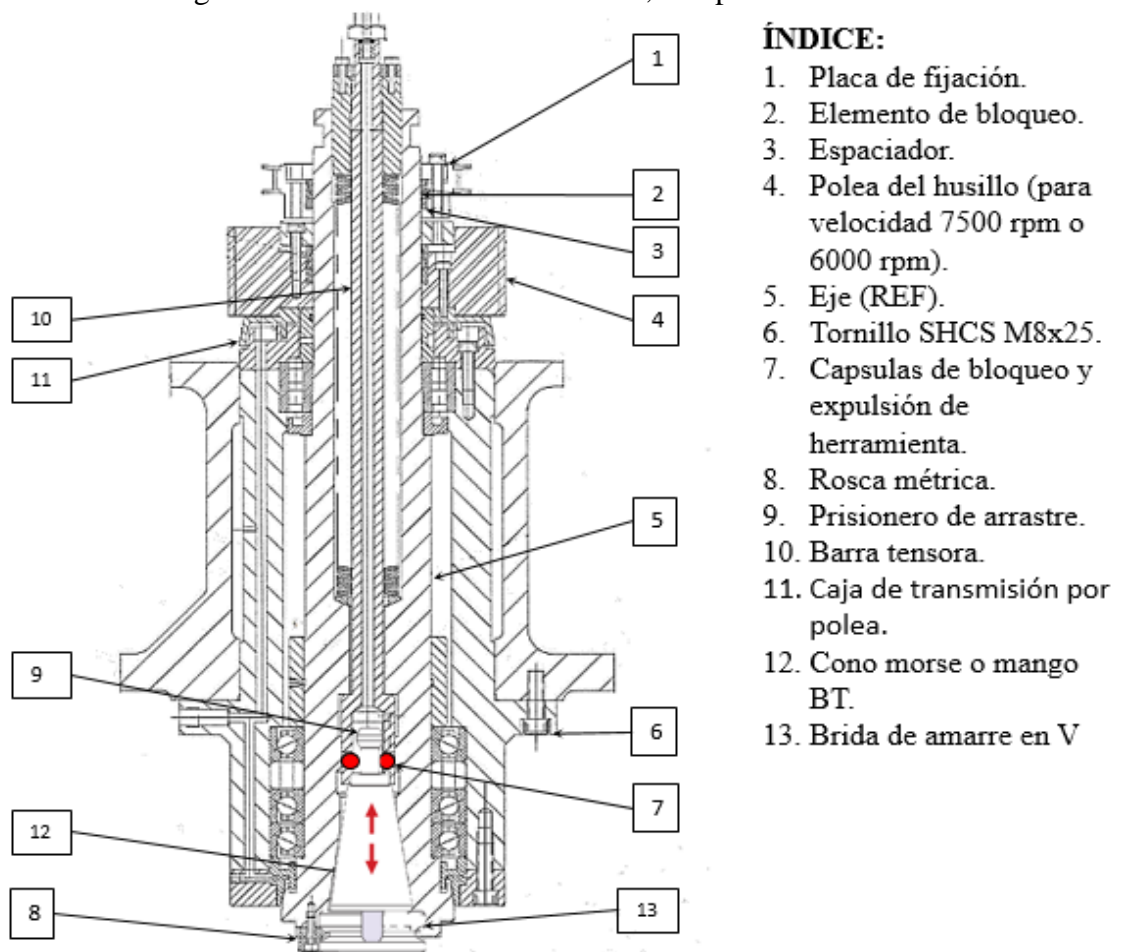
No obstante cabe mencionar que el husillo lleva alojamientos en los cuales se acoplan útiles llamados conos que, a su vez, alojan diferentes tipos de sistemas portaherramientas, con el fin de sujetar las herramientas de corte, para que estas sean intercambiables en cualquier máquina CNC. Por ello, los conos son también portaherramientas ya que son

un elemento de unión entre el husillo y la herramienta, que se fabrican en una sola pieza para otorgar mayor rigidez (Villar, 2012).

El amarre de la herramienta es mediante el arrastre del prisionero, que permite el bloqueo por capsulas con la barra tensora, elementos accionados por sistema neumático; de esta forma se aloja el útil de herramienta en el cono morse para completar el cierre con la brida “V”, por rosca métrica, en sus dos ranuras laterales y completar su acoplamiento (fig. 9). Este sistema entre el prisionero de arrastre y la barra tensora es el que permite el cambio automático de herramienta.

Los acoplamientos (mango del mandril/amarre de la herramienta) permite transmitir una potencia de mando al husillo mediante el motor Siemens de 11,2 KW o (14,8 Hp), que genera una velocidad mínima de 40 RPM y máxima de 6000 RPM (BRIDGEPORT, INC., 1992).

Figura 9. Sección en corte del husillo, con portaherramientas



Fuente: (BRIDGEPORT, INC., 1992)

2.7 Partes que conforman los útiles de sujeción de herramientas

Los husillos más comunes son el cono ISO 40 y 50. Los husillos cono ISO 40 se dividen en dos tipos, BT y CT; éstas se conocen como BT40 y CT40.

El husillo y el cambiador de herramientas en una máquina determinada solo son capaces de retener un tipo de herramienta.

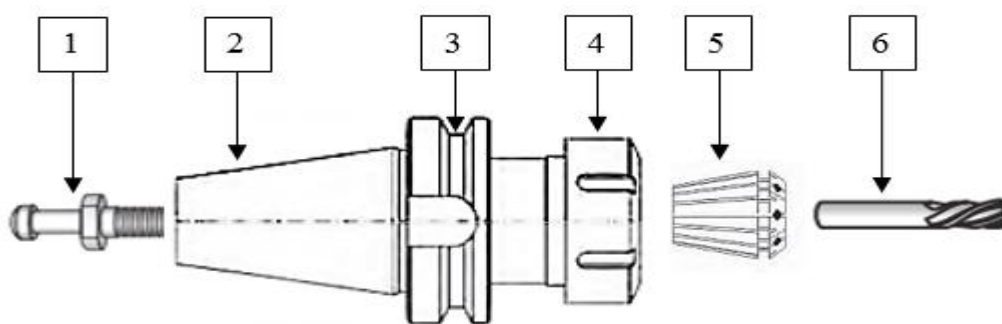
El modelo de cono BT es utilizado en el C.M Bridgeport VMC 800/22.

Este modelo de cono va provisto de un tirante (fig.10), que se enrosca en la parte superior del portaherramientas y son específicos al tipo de husillo; la superficie de contacto es el mango cónico BT, que fija su ajuste al husillo por la ranura de la brida de amarre en V.

La sujeción mecánica mediante pinza y tornillo de ajuste brinda estabilidad a la fresa de corte ya que los segmentos de la pinza distribuyen la presión sobre toda la superficie de la misma.

Es de gran ventaja este sistema ya que si se disponen de distintas pinzas, se pueden montar diferentes diámetros de herramientas en un solo cono.

Figura 10. Partes que conforman el portaherramientas BT40.



Índice:

- 1) Prisionero de arrastre
- 2) Mango cónico BT
- 3) Brida de amarre en V
- 4) Rosca porta pinzas
- 5) Pinzas
- 6) Fresa

Fuente: Autores

Observación: Asegúrese de que los portaherramientas y tiradores estén en buenas condiciones y apretados juntos de forma segura, para evitar daños en el carrusel portaherramientas.

Tabla 3. Especificación del cono de sujeción tipo BT

Tipo Largo
Regular

Roscas de la Barra Tirante:
BT 40 M16 x 2
BT 50 M24 x 3

7626

Cono Nr. K	Boquilla No.	Rango de Boquilla	L	D	Tuerca # Parte	Llave de Ajuste # Parte	Cono Porta Boquilla # Parte.
40	ER 25	3/64-5/8	2.36	1.65	7-188-825	7-188-925	7-178-425
	ER 32	1/8-3/4	2.75	2.00	7-188-832	7-188-932	7-178-432
			4.00				7-178-434
			6.00				7-178-436
	ER 40	1/8-1	2.75	2.50	7-188-840	7-180-932	7-178-442
			4.00				7-178-444
			6.00				7-178-446
		2.75		Juego de 25 piezas			7-178-449
50	ER 32	1/8-3/4	2.75	2.00	7-188-832	7-188-932	7-178-532
	ER 40	1/8-1	3.15	2.50	7-188-840	7-188-940	7-178-542
			3.15	2.50	Juego de 25 piezas		7-178-549

Fuente: <https://goo.gl/2iJxce>

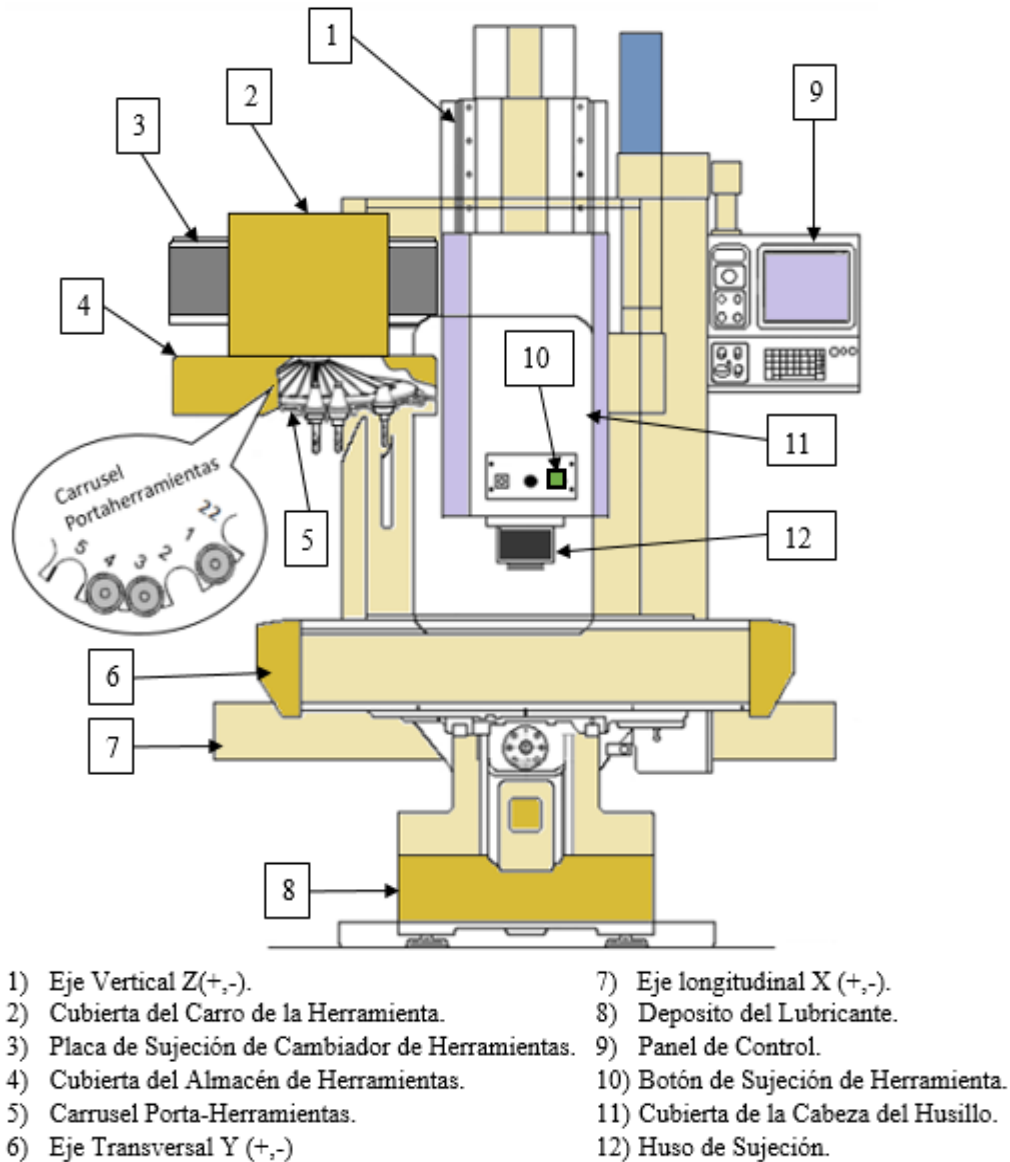
2.8 Almacén de herramientas BT40

El centro de mecanizado Bridgeport está constituido por un sistema que almacena 22 herramientas, conocido como carrusel; por su forma de disco, lo que origina que su movimiento sea siempre girando sobre su eje.

Su principio de funcionamiento se basa en realizar la compensación de herramientas al husillo, proceso que se ejecuta desde la unidad central (panel de control) en coordinación husillo-carrusel, donde se estipulan los parámetros correspondientes a:

Número de herramienta y posición, que es el registro previo al cambio automático en las diversas operaciones a la hora del proceso de fabricación (Teruel, 2010).

Figura 11. Partes principales del VMC Bridgeport 800/22

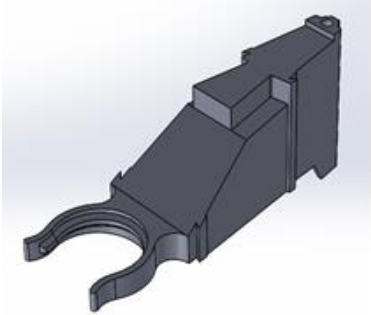


Fuente: (BRIDGEPORT, INC., 1992)

2.8.1 *Evaluación de daños en los componentes de sujeción (conos BT40).* Este análisis se lo realiza con la finalidad de determinar el número de elementos dañados en el carrusel portaherramientas y a la vez, conocer cuál es su capacidad operativa para intervenirla.

Mediante este procedimiento nos hemos permitido evidenciar los elementos rotos que contiene al carrusel portaherramientas. Por tal razón, sea codificado cada pieza con las siglas SCPH (Sección carrusel portaherramientas), para distinguir los elementos en buenas condiciones: alrededor de 13 piezas y en malas condiciones; un total de 9 piezas. Que da como resultado una capacidad operativa del 59%.

Tabla 4. Evaluación de daños en los componentes de sujeción conos BT40.

Nº	Pieza	Código	Condición	Observación
1	Sección Carrusel	SCPH 1	MALA	
2	Sección Carrusel	SCPH 2	MALA	
3	Sección Carrusel	SCPH 3	MALA	
4	Sección Carrusel	SCPH 4	MALA	
5	Sección Carrusel	SCPH 5	MALA	
6	Sección Carrusel	SCPH 6	MALA	
7	Sección Carrusel	SCPH 7	MALA	
8	Sección Carrusel	SCPH 8	MALA	
9	Sección Carrusel	SCPH 9	MALA	
10	Sección Carrusel	SCPH 10	BUENA	
11	Sección Carrusel	SCPH 11	BUENA	Comentario: El carrusel portaherramientas está conformado por 22 secciones, de las cuales presenta 13 secciones en buen estado y 9 secciones dañadas, por tal razón deben ser reemplazadas.
12	Sección Carrusel	SCPH 12	BUENA	
13	Sección Carrusel	SCPH 13	BUENA	
14	Sección Carrusel	SCPH 14	BUENA	
15	Sección Carrusel	SCPH 15	BUENA	
16	Sección Carrusel	SCPH 16	BUENA	
17	Sección Carrusel	SCPH 17	BUENA	
18	Sección Carrusel	SCPH 18	BUENA	
19	Sección Carrusel	SCPH 19	BUENA	
20	Sección Carrusel	SCPH 20	BUENA	
21	Sección Carrusel	SCPH 21	BUENA	
22	Sección Carrusel	SCPH 22	BUENA	
Capacidad operativa total del carrusel portaherramientas:				59%

Fuente: Autores

2.9 Modelado de la pieza del almacen de herramientas conicas BT40

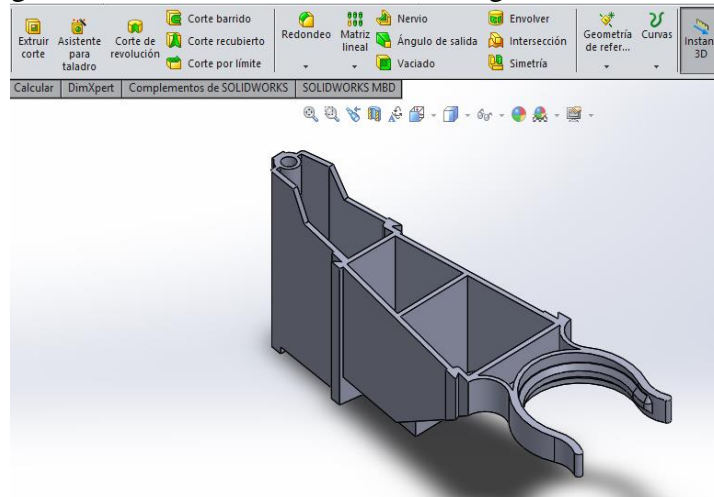
Este proceso consiste en substraer del almacén de herramientas una pieza en buenas condiciones y a partir de ella, tomar las medidas correctas e ingresarlas como datos al software de diseño CAD; donde se modela la forma geométrica que nos proporciona una representación matemática completa y precisa de la pieza.

De esta manera, se establecen los distintos parámetros a la hora de su proceso de fabricación (Groover, 2007).

El software de modelado que acompaña a esta tarea, es la plataforma “SolidWorks”, que es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Sus principales características es ser

una herramienta versátil y precisa en su capacidad de ser **asociativa, variacional y paramétrica**, como se muestra la figura 11 (González, 2015).

Figura 12. Modelado en Solidworks, segmento del carrusel.



Fuente: Autores

2.10 Concepto sobre la plataforma de diseño CAD

El CAD (Dibujo Asistido por Computadora), es una herramienta moderna en diseño que integra programas computacionales para crear representaciones gráficas de objetos físicos ya sea en segunda o tercera dimensión (2D o 3D).

Ofrece una gran ventaja a todo tipo de industria que desarrolla variedad de productos y aplicaciones de diseño industrial, donde el software realiza cálculos para determinar una forma y tamaño óptimo, permitiendo al ingeniero realizar un análisis interactivo y corregir las variables del diseño (Hawkes, 1989).

2.10.1 *Beneficios del CAD.* Podemos mencionar la amplia variedad de software que ofrece el mercado asociados al CAD, uno de ellos es el software Siemens NX10 empleado para el desarrollo de este tema de grado, por ofrecer la más amplia gama de aplicaciones integradas y completamente asociadas; entre otras ventajas están:

- Representa menores costos de desarrollo de productos.
- Aumento de la productividad.
- Mejora de la calidad del producto.
- Menor tiempo de lanzamiento al mercado.

2.11 Concepto sobre la plataforma de diseño CAM

El CAM (Manufactura Asistida por Computadora), comúnmente se refiere al uso de aplicaciones de software computacional de control numérico (NC) para crear instrucciones detalladas (códigos G) que conducen las máquinas de herramientas para manufactura de partes controladas numéricamente por computadora (CNC).

Los fabricantes de diferentes industrias dependen de las capacidades de CAM para producir partes de alta calidad (SIEMENS, 2016).

2.11.1 *Beneficios del CAM.* Incluyen un plan de manufactura correctamente definido que genera los resultados de producción esperados al cumplimiento de los siguientes objetivos (Hawkes, 1989).

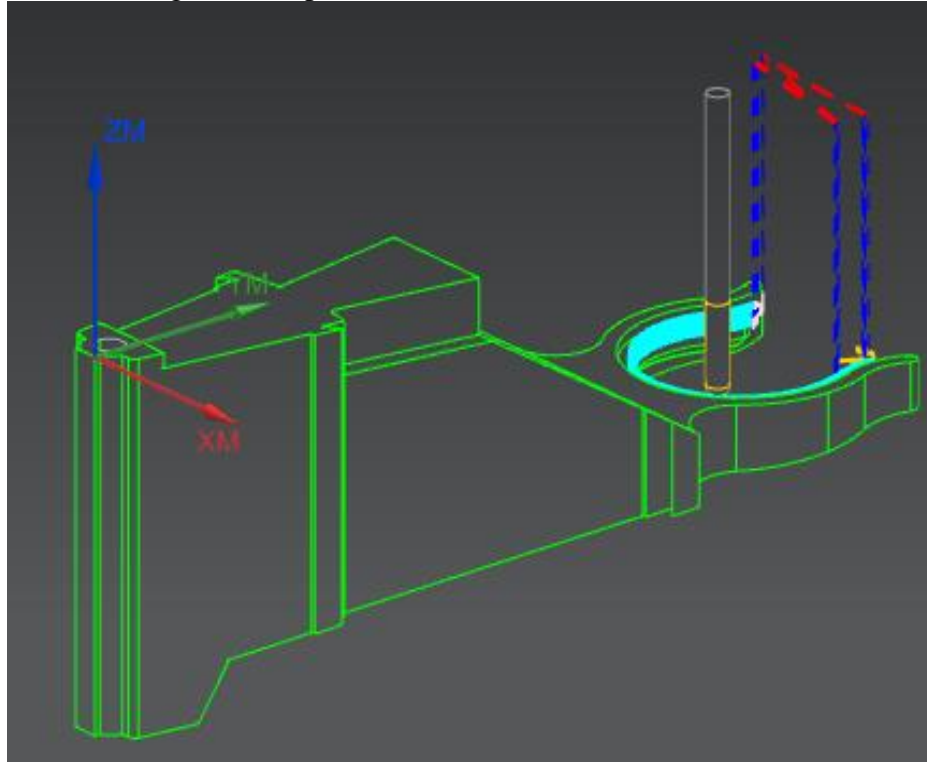
- Niveles de producción más altos con menor esfuerzo laboral.
- Menor posibilidad de error humano.
- Mayor versatilidad de los objetos fabricados.
- Ahorro en costes por incremento de la eficiencia de fabricación.
- Repetitividad en la producción a través del almacenamiento de datos.
- Productos de mayor calidad.

2.12 Espectativas que cumple el software Siemenens NX10, en la modelación del cono BT40

La aplicación del software de diseño Siemens NX10 ofrece múltiples ventajas al modelador en hacer un mejor uso de las herramientas que integran el desarrollo de productos en aspectos de: modelación, validación, simulación, y fabricación. La rápida evolución de las aplicaciones CAD/CAM/CAE ha permitido, sin construir una pieza, conocer cómo va hacer nuestro diseño, su programa de fabricación, o incluso predecir cómo se va a comportar.

Estos aspectos han sido de suma importancia ya que elimina la necesidad de prototipos previos, ahorrando una cantidad ingente de tiempo antes dedicado a cálculos y pruebas de todo tipo.

Figura 13. Aplicación del software Siemens NX10.



Fuente: Autores

2.13 Generación de los códigos ISO, previo al proceso de mecanizado

Esta tarea requiere la intervención de un software CAD/CAM, donde se estipulan los parámetros a partir del diseño y estructura del proceso de mecanizado para generar los códigos G, que servirán para su fabricación en la MHCN.

Teniendo en cuenta que los parámetros de programación cumplan las exigencias del diseño.

Mediante la generación de los códigos y su aprobación, la siguiente tarea es cargar el programa a la máquina y dar inicio al proceso, llevando un control de calidad.

2.14 Instrucciones preparatorias de mecanizado en CNC

Todos los CNC basan su funcionamiento de acuerdo a las especificaciones técnicas que demanda el fabricando y a su tipo de post-procesador, su estructura de programa contempla el siguiente orden a la hora de trabajar con el centro de mecanizado vertical Bridgeport 800/22.

- *Accionamiento de los driver de la máquina.* Al encendido de la máquina; la consola carga el software del sistema y los driver se encuentran apagados, por tal razón se deben accionar para enviar la señal a los motores. A continuación se envían los ejes X, Y, Z a su punto referencial cero máquina.
- *Comando JOG.* Por medio de este comando el operario controla el desplazamiento de los ejes en cualquier dirección (X, Y, Z), como a su vez permite establecer en la pieza de trabajo (el cero pieza), censa las herramientas de corte y mecaniza partes simples.
- *Comando MDI.* En modo MDI, se pueden ejecutar programas o bloques de códigos sin guardarlos, para esto el operario debe tener conocimiento en programación.
- *Transferir parte de un programa.* Para llevar a cabo un programa, es necesaria la función conjunta del post-procesador y la UCP (Unidad Central de Proceso), que transmite los códigos de programación de forma secuencial, del proceso de mecanizado.
- *Editores de programa.* Este comando permite realizar cambios en ciertas partes de la programación, ya que el software CAD/CAM totaliza los códigos y la maquina no los puede leer, porque no se encuentran dentro de los parámetros.
- *Inicio del programa.* Se da la orden para ejecutar la programación creada mediante el software y realizar el proceso de mecanizado ya sea bloque a bloque o automático.

CAPÍTULO III

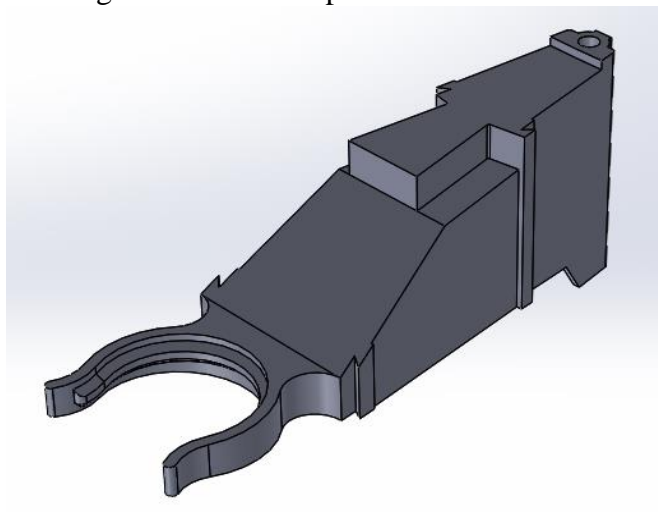
3 MECANIZADO DEL CARRUSEL PORTAHERRAMIENTAS APLICANDO LA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA PIEZA

3.1 Parámetros de mecanizado

3.1.1 *Componentes y material de la pieza.* Para una adecuada selección de herramientas de corte se debe tomar en cuenta ciertos parámetros, tales como: la forma geométrica, material, tolerancias del componente a mecanizar.

- *Forma geométrica.* El carrusel de la torreta portaherramientas del centro de mecanizado; presenta un diseño único con diferentes formas geométricas, que para su posterior mecanizado debe estar bien definidas sus dimensiones en el modelado.

Figura 14. Carrusel portaherramientas 3D



Fuente: Autores

El carrusel es un dispositivo que permite la sujeción de los conos portaherramientas, este accesorio mantendrá nuestro plato giratorio ordenado y con todas las herramientas al alcance de las operaciones de mecanizado por cambio automático.

El acoplamiento de 22 carruseles de las mismas características y dimensiones da como resultado el plato giratorio, dispositivo esencial en el cambio automático de los portaherramientas del centro de mecanizado CNC, Bridgeport 800/22.

- *Material.* Estos dispositivos se recomiendan fabricar en polímeros industriales. Precisamente en fibras de poliamidas, comercialmente conocidas como **nylon**.

Las poliamidas, conocidas también como nylon (PA), son polímeros semicristalinos.

El nylon presenta un magnifico cuadro de propiedades mecánicas, las mismas que varían desde la dura y tenaz PA66 hasta la blanda y flexible PA12 (Gonzalez, 2013).

Tabla 5. Características del nylon

Poliamidas tipo nylon (PA)	
Características técnicas	
Resistencia al desgaste	Hasta +100 °C
Resistencia a la fatiga	Buena
Estabilidad mecánica	Alta
Resistencia a temperaturas extremas.	Baja
Temporalmente irrompible	Hasta 180 °C
Resistencia a la tracción.	De (60 a 80) N/mm ²
Densidad	2.2 g/cm ²

Fuente: Autores

Para efectos de demostración el material a fabricar el carrusel portaherramientas es de madera. Se escogió la madera porque es un material blando, fácil de mecanizar, tiene buena resistencia mecánica, la densidad es ligero, su costo es relativamente económico y fácil de obtener.

- *Tolerancias.* El carrusel portaherramientas requiere alta precisión de mecanizado, ya que posterior a la fabricación es acoplado con otro carrusel de las mismas características, además en la parte semicircular (denominados pinzas) se alojan los conos de los portaherramientas.

Las necesidades que deben cumplir son las siguientes:

- Buen acabado superficial.
- Precisión de dimensiones.
- Ajuste.
- Esfuerzos.

Es casi imposible fabricar elementos o piezas mecánicas que tengan exactamente las dimensiones escogidas durante el diseño, por lo tanto se debe aceptar un cierto grado de variación en las medidas.

Las tolerancias requeridas deben ser pequeñas para que las piezas puedan ejecutar correctamente su función, además no tenga inconvenientes en el acoplamiento o montaje en otras piezas, incluso de otros fabricantes.

3.1.2 *Parámetros de la máquina.* Las características del centro de mecanizado CNC Bridgeport 800/22 se detallan a continuación.

Tabla 6. Información general

Centro de mecanizado Bridgeport	
Fabricante	Bridgeport
Modelo	VMC 800/22
Año	1998
Categoría	Centro de mecanizado vertical

Fuente: Catálogo de la máquina

Tabla 7. Características técnicas

Centro de mecanizado Bridgeport	
Recorrido longitudinal X	800 mm (31,5 in)
Recorrido transversal Y	510 mm (20,1 in)
Recorrido vertical Z	500 mm (19,7 in)
CNC	TNC 410
Longitud de la mesa	1000 mm (39,4 in)
Ancho de la mesa	490 mm (19,3 in)
Avance automático	2000 mm/min
Número de herramienta	22
Cono del husillo	BT40
Velocidad máxima del husillo	6000 RPM
Potencia del motor del husillo	11,2 KW (14,8 HP)

Fuente: Catálogo de la máquina

El centro de mecanizado Bridgeport, contiene sus manuales de control de máquina, manual de instalación, manual del panel de control, para configurar su correcto funcionamiento de los sistemas electrónicos y mecánicos; para evitar el mal uso de la máquina herramienta y capacitar a sus operarios.

Figura 15. Máquina herramienta Bridgeport VMC 800/22



Fuente: Autores

3.2 Selección de los parámetros de corte

3.2.1 *Velocidad de Corte* (V_c). Es la velocidad de la herramienta con que se afronta al material, este factor es de mayor importancia porque afecta la eficiencia de mecanización.

Debido a que las características de los materiales varían en su estructura, maquinabilidad y dureza, se utilizan diferentes velocidades de corte considerando algunos factores de mayor importancia que son:

- La rigidez de la máquina y el montaje de la pieza.
- El diámetro de la fresa.
- El acabado superficial que se necesita.
- El material de la fresa.
- La profundidad de corte seleccionada.
- El tipo de material para el trabajo (Krar, y otros, 2002).

La tabla que aparece a continuación muestran las velocidades de corte de algunos materiales, junto con el avance por diente.

Las velocidades de corte (V_c) sugeridas han sido previamente calculadas en laboratorios por medio de ensayos, con el fin de encontrar la velocidad límite que permite el máximo rendimiento y la mayor duración del filo de la fresa (Burgos, Briviesca., 2005).

Tabla 8. Velocidad de corte y avance por diente recomendado.

Materiales.	Velocidad m/min	Velocidad Ad m/diente	Observaciones
Aluminio	200-400	0.03-0.10	Petróleo o RGV.
Aleaciones de aluminio	200-400	0.03-0.10	Emulsión de aceite.
Latones	150-300	0.02-0.10	Emulsión de aceite.
Bronces-Zinc	100-150	0.002-0.10	Emulsión de aceite.
Plásticos (Baquelita)	50-100	0.04-0.20	Aire
Termoplásticos. (acetato, plexi, PVC, Nylon)	100-500	0.04-0.20	Agua vaporizada
Acero inoxidable	90	0.002-0.02	Emulsión de aceite.
Madera	60-100	0.02-0.12	Aire

Fuente: <https://goo.gl/4Bgj6p>

De la tabla podemos obtener la velocidad de corte. Se recomienda la selección de la velocidad media, para evitar el desgaste y deterioro de los filos de corte de la herramienta.

La fórmula para calcular la velocidad del husillo de la fresa es la siguiente:

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \phi} \quad (1)$$

Significado:

N = Velocidad de giro del husillo de la fresa [rpm].

V_c = Velocidad de corte [m/min].

ϕ = Diámetro de la fresa [mm].

- **Calculo de la velocidad del husillo para una fresa plana HSS de Ø18mm.**

Figura 16. Fresa plana HSS Ø18mm



Fuente: Autores

DATOS:

$V_c = 100 \text{ m/min}$ (Tabla 8), $\varnothing = 18 \text{ mm}$; Aplicación de la formula (1).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{100 \times 1000}{\pi \cdot 18}$$

$$N = 1768 \text{ rpm}$$

- **Calculo de la velocidad del husillo para una fresa plana HSS de $\varnothing 19\text{mm}$.**

Figura 17. Fresa plana HSS $\varnothing 19\text{mm}$



Fuente: Autores

DATOS:

$V_c = 100 \text{ m/min}$ (Tabla 8), $\varnothing = 19 \text{ mm}$; Aplicación de la formula (1).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{100 \times 1000}{\pi \cdot 19}$$

$$N = 1675 \text{ rpm}$$

- **Calculo de la velocidad del husillo para una fresa plana HSS de $\varnothing 6\text{mm}$.**

Figura 18. Fresa plana HSS $\varnothing 6\text{mm}$



Fuente: Autores

DATOS:

$V_c = 100 \text{ m/min}$ (Tabla 8), $\varnothing = 6 \text{ mm}$; Aplicación de la formula (1).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{100 \times 1000}{\pi \cdot 6}$$

$$N = 5305 \text{ rpm}$$

- **Calculo de la velocidad del husillo para una fresa plana HSS de $\varnothing 12\text{mm}$.**

Figura 19. Fresa plana HSS $\varnothing 12\text{mm}$



Fuente: Autores

DATOS:

$V_c = 100 \text{ m/min}$ (Tabla 8), $\varnothing = 12 \text{ mm}$; Aplicación de la formula (1).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{100 \times 1000}{\pi \cdot 12}$$

$$N = 2652 \text{ rpm}$$

- **Calculo de la velocidad del husillo para una fresa plana HSS de $\varnothing 3\text{mm}$.**

Figura 20. Fresa plana HSS $\varnothing 3\text{mm}$



Fuente: Autores

DATOS:

$V_c = 100$ m/min (Tabla 8), $\varnothing = 3$ mm; Aplicación de la formula (1).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{100 \times 1000}{\pi \cdot 3}$$

$$N = 10610 \text{ rpm}$$

3.2.2 *Avance*. El avance de la maquina se puede definir como la velocidad que mueve la pieza hacia la fresa giratoria y la distancia recorrida por minuto, además es independiente a la velocidad del husillo.

El avance por minuto se calcula en función del avance por dientes, el número de dientes de la fresa y el número de revoluciones de está.

La velocidad de avance depende de una variedad de factores que influyen al momento de realizar el proceso de fresado y estos son:

- La potencia y rigidez de la máquina.
- Profundidad de corte.
- El diseño o tipo de fresa.
- La resistencia de la pieza de trabajo.
- La uniformidad de la pieza de trabajo.
- Sujeción de la pieza a mecanizar.
- Material de la pieza a mecanizar.
- El tipo de acabado y precisión necesarios (Millán, 2006).

La fórmula para el cálculo de la velocidad de avance es:

$$Avance = f \times a \times N \quad (2)$$

Significado:

f = Número de dientes de la fresa.

a = Viruta o avance por diente [mm].

N = Velocidad de giro de la fresa [rpm].

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø 18mm.**

Figura 21. Fresa plana HSS Ø 18mm de 4 filetes



Fuente: Autores

DATOS:

$N = 1768$ rpm (valor encontrado anteriormente)

$f = 4$ (dientes de la fresa)

$a = 0,10$ mm (obtenida de la tabla 8)

Aplicación de la formula (2).

$$Avance = f \times a \times N = 4 \times 0,10 \times 1768$$

$$Avance = 707 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø 19mm.**

Figura 22. Fresa plana HSS Ø 19mm de 2 filetes



Fuente: Autores

DATOS:

$N = 1675$ rpm (valor encontrado anteriormente)

$f = 2$ (dientes de la fresa)

$a = 0,10$ mm (obtenida de la tabla 8)

Aplicación de la formula (2).

$$Avance = f \times a \times N = 2 \times 0,10 \times 1675$$

$$Avance = 335 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø 6mm.**

Figura 23. Fresa plana HSS Ø 6mm de 4 filetes



Fuente: Autores

DATOS:

$N = 5305$ rpm (valor encontrado anteriormente)

$f = 4$ (dientes de la fresa)

$a = 0,10$ mm (obtenida de la tabla 8)

Aplicación de la formula (2).

$$Avance = f \times a \times N = 4 \times 0,10 \times 5305$$

$$Avance = 2122 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa redonda HSS de Ø 6mm.**

Figura 24. Fresa plana HSS Ø 6mm de 2 filetes



Fuente: Autores

DATOS:

N = 5305 rpm (valor encontrado anteriormente)

f = 2 (dientes de la fresa)

a = 0,10 mm (obtenida de la tabla 8)

Aplicación de la formula (2).

$$Avance = f \times a \times N = 2 \times 0,10 \times 5305$$

$$Avance = 1061 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø 12mm.**

Figura 25. Fresa plana HSS Ø 12mm de 4 filetes



Fuente: Autores

DATOS:

N = 2652 rpm (valor encontrado anteriormente)

f = 4 (dientes de la fresa)

a = 0,10 mm (obtenida de la tabla 8)

Aplicación de la formula (2).

$$Avance = f \times a \times N = 4 \times 0,10 \times 2652$$

$$Avance = 1060 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø 3mm.**

Figura 26. Fresa plana HSS Ø 3mm de 4 filetes



Fuente: Autores

DATOS:

$N = 10610$ rpm (valor encontrado anteriormente)

$f = 4$ (dientes de la fresa)

$a = 0,10$ mm (obtenida de la tabla 8)

Aplicación de la formula (2).

$$Avance = f \times a \times N = 4 \times 0,10 \times 10610$$

$$Avance = 4244 \text{ mm/min}$$

3.2.3 *Profundidad de corte.* Se conoce como profundidad de corte a la cantidad de capa arrancada de la superficie de la pieza cuando se realiza una pasada con la herramienta, es un factor importante que afecta la eficiencia del mecanizado.

Cuando se desee una superficie lisa y exacta es necesario efectuar un corte de desbaste y otro de acabado.

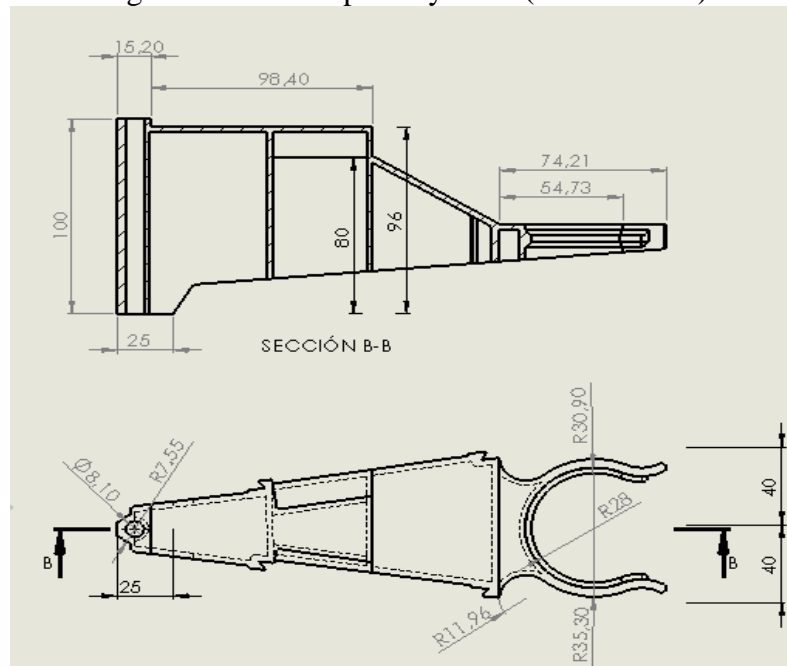
Los cortes de desbaste pueden ser profundos, con avances grandes como nos permita la máquina y la pieza; para hacer cortes más profundos, se lo realiza con fresas helicoidales con menos dientes, ya que nos permite arrancar más viruta por su resistencia y holgura que tiene en comparación con las fresas de más dientes.

Para los cortes de acabado se los realiza ligeramente, con avances más finos de lo utilizado para los cortes de desbaste, la profundidad por lo menos debe ser de 1/64 pulgadas (0,4 mm) ya que para conservar la herramienta y no se desafilé se debe controlar la velocidad de corte que no sea muy elevada (Grupo CNC, 2010).

3.3 Modelado 3D del carrusel portaherramientas en SolidWorks

3.3.1 *Elaboración de planos del carrusel.* Para la elaboración del modelado es necesario primero generar los planos de diseño, donde se detallan las dimensiones del carrusel (**Anexo-Planos**).

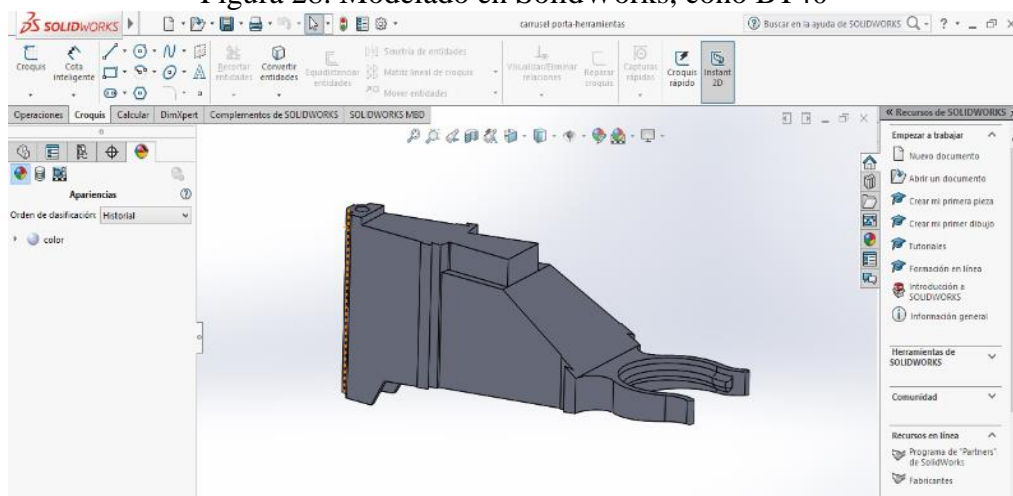
Figura 27. Vista superior y corte (Sección B-B)



Fuente: Autores

3.3.2 *Modelado del carrusel en 3D.* Una vez que se tienen las dimensiones y el croquis en 2D, procedemos a realizar el modelado en 3D.

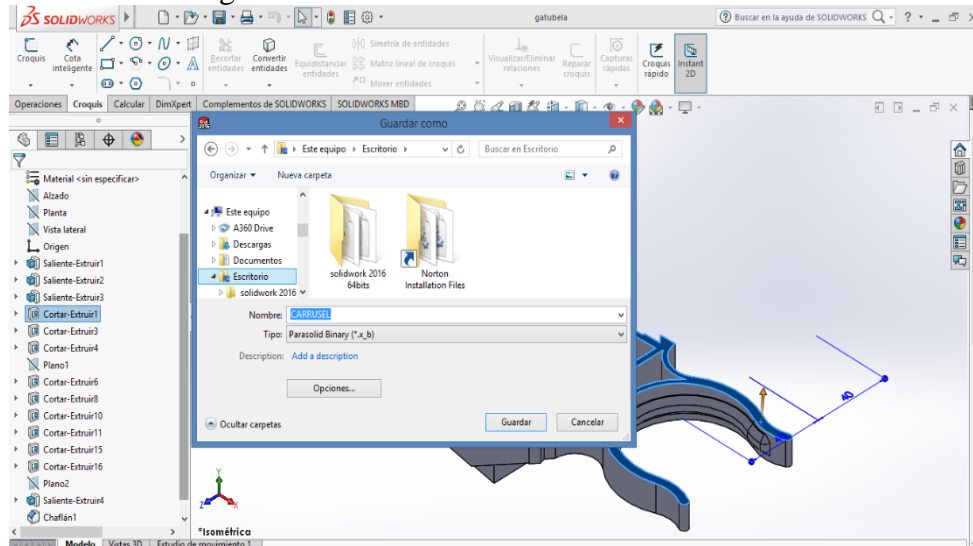
Figura 28. Modelado en SolidWorks, cono BT40



Fuente: Autores

3.3.3 *Pasar la pieza modelada al software NX10.* Para realizar la transferencia del modelo del carrusel, mediante la herramienta de diseño software SolidWorks. Es necesario guardar el archivo con la extensión compatible, entre los dos programas, el archivo debe tener la extensión (**Parasolid*.x_b**).

Figura 29. Carrusel en extensión PARASOLID



Fuente: Autores

3.3.4 *Importar el modelo al software NX10.* El archivo que se guardó en extensión PARASOLID, lo importamos al software NX10.

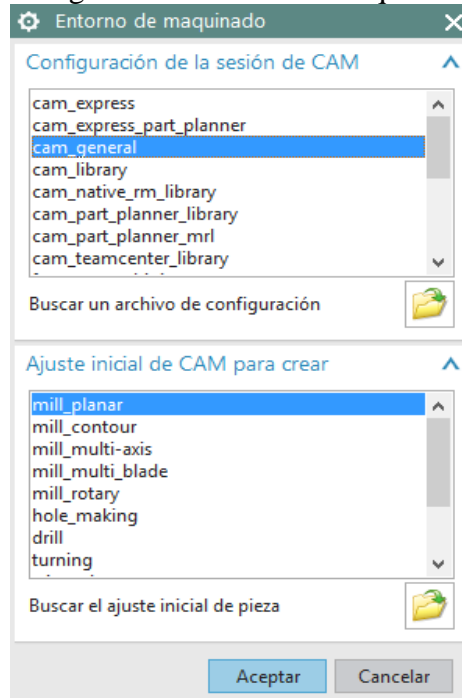
Con el modelo del carrusel portaherramientas en el software NX10 se procede a insertar los diferentes parámetros del elemento a mecanizar; se utilizan herramientas predeterminadas por el programa como rectángulo, que sirve para definir el perímetro del modelo.

3.4 Simulación del mecanizado con NX10

Para el mecanizado del carrusel porta-herramientas, el software necesita de cierta información que debemos ingresar al mismo, parámetros tales como: tipo de herramientas, tipo de mecanizado, avances, velocidades, etc.

3.4.1 *Entorno de maquinado.* En la primera etapa generamos un entorno de maquinado, donde seleccionamos las opciones, manufactura asistida por computador de tipo general, y el tipo de fresadora.

Figura 30. Entorno de máquina

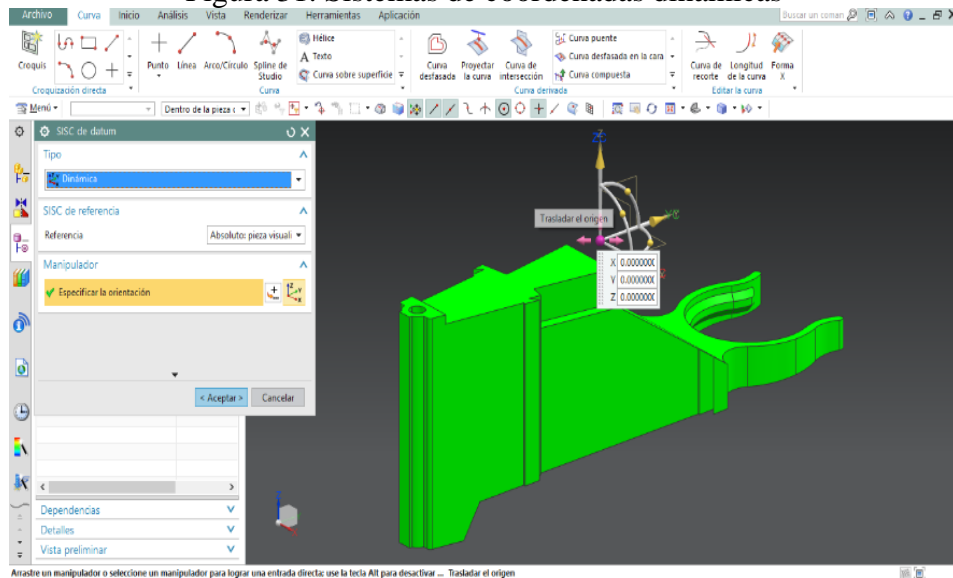


Fuente: Autores

Luego de haber escogido el entorno de mecanizado aceptamos el ajuste inicial, creamos un nuevo programa que se lo puede renombrar de acuerdo a las operaciones en cierto punto de coordenadas.

El sistema de coordenadas identifica el inicio del mecanizado para todas las trayectorias que se generan en las diferentes operaciones del simulado.

Figura 31. Sistemas de coordenadas dinámicas

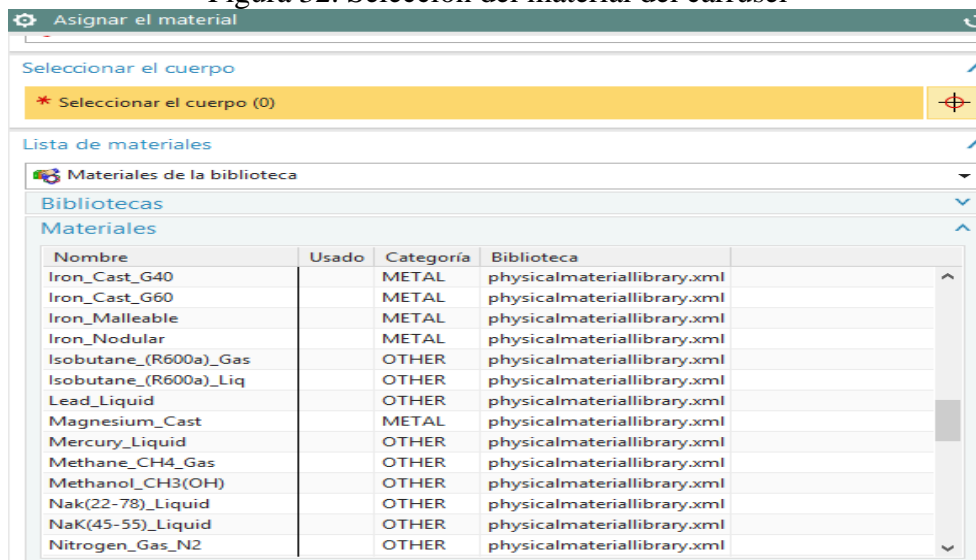


Fuente: Autores

3.4.2 *Especificación del material del carrusel.* El modelo del carrusel portaherramientas se lo realiza en madera por efectos demostrativos. En el campo industrial estos elementos están sometidos a esfuerzos mecánicos, motivos por los cuales son fabricados en material termoplástico industrial tipo **nylon**.

Una de las ventajas del software NX10, es que contiene una amplia gama de los materiales existentes para la fabricación de elementos mecánicos en su biblioteca de materiales. Es necesario asignar a nuestro modelo el tipo de material a ser fabricado, dentro del proceso de modelación. Esto ayuda con la obtención de los parámetros de mecanizado.

Figura 32. Selección del material del carrusel



Fuente: Autores.

3.4.3 *Sobredimensionamiento del material.* El bloque de madera tiene sobredimensiones de 10 mm de (ancho por largo) y 40 mm de alto, con la finalidad de poder sujetar el mismo, en las mordazas de la máquina herramienta CNC.

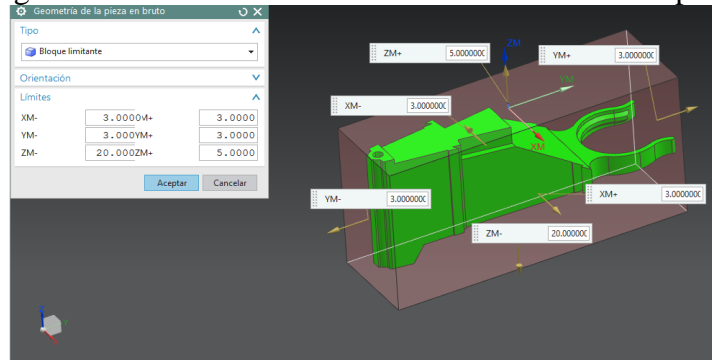
Figura 33. Material de ensayo, prototipo en bloque de madera



Fuente: Autores

La geometría de la pieza en bruto; se genera con la sobre medida en todas las caras del cubo de madera, considerando para el planeado del material y sujeción de la pieza. El material sobrante es eliminado, además se optimiza el contacto de la herramienta con la pieza.

Figura 34. Sobredimensionamiento del material en la pieza

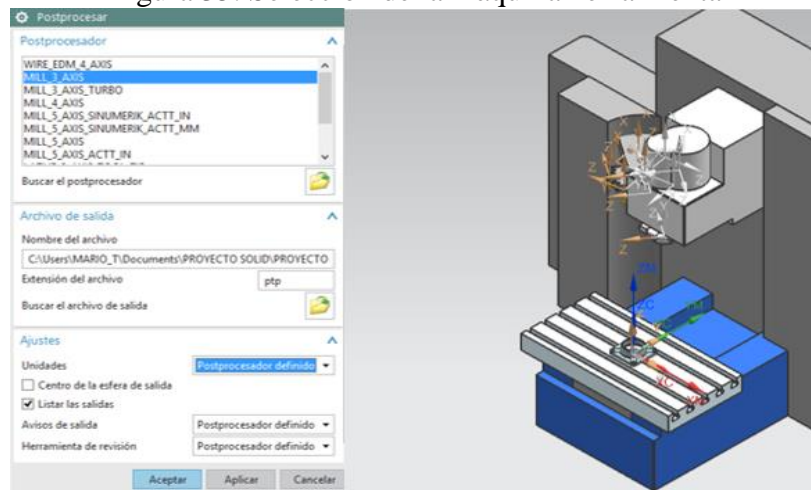


Fuente: Autores

3.4.4 *Selección de máquina y post-procesador.* Según las especificaciones del catálogo del centro de mecanizado Bridgeport; es una fresadora Vertical de 3 ejes con un post-procesador FANUC.

Indicamos a NX el tipo de máquina herramienta a utilizar, además se puede configurar y agregar fácilmente las operaciones de mecanizado basado en funciones de programación, así como la forma de seleccionar los diferentes post-procesadores que existen en el mercado y si en el caso de no encontrar el post-procesador para el centro de mecanizado, podemos descargarlo de la página de siemens.

Figura 35. Selección de la máquina herramienta



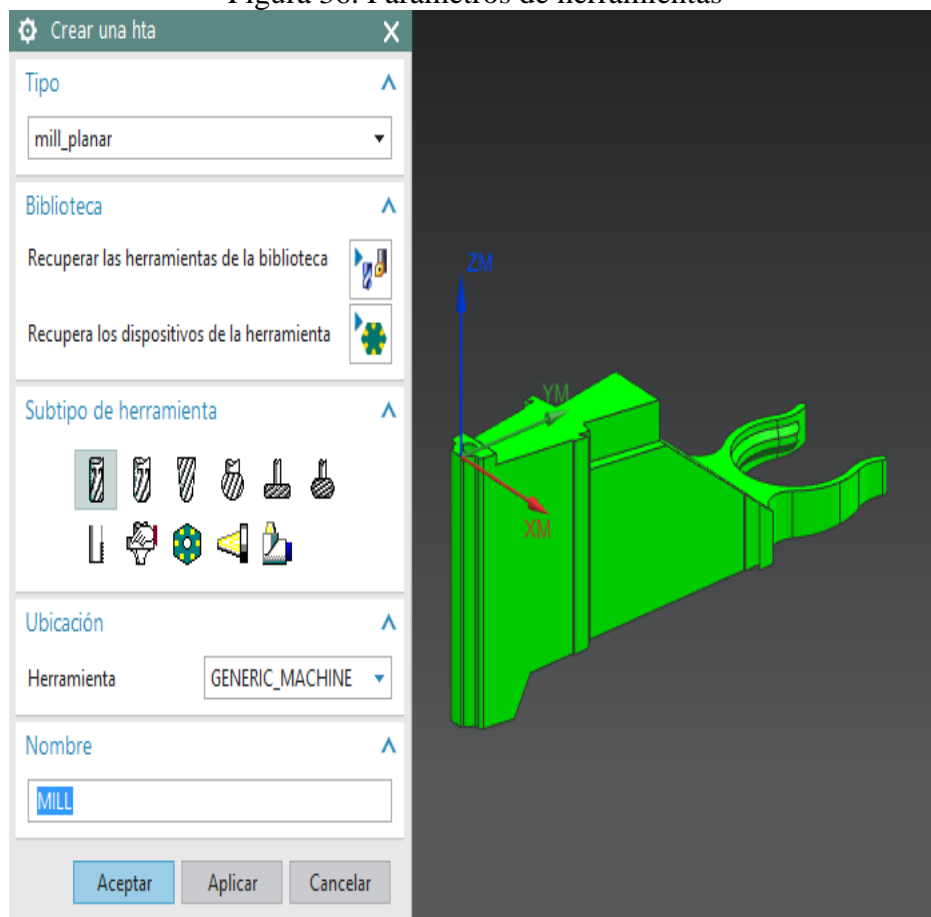
Fuente: Autores

3.5 Herramientas de corte

3.5.1 *Parámetros de las herramientas de corte.* En esta parte el programador puede definir las herramientas necesarias para realizar todo el trabajo e ir completando las especificaciones de cada herramienta que pide el programa, como por ejemplo: diámetros, longitudes, número de herramienta, etc.

En la ventana del software NX, vamos a la opción crear herramienta, donde seleccionamos el tipo de fresa, puede ser el de planeado, contorno u otros. En la misma ventana damos un nombre al tipo de fresa seleccionado.

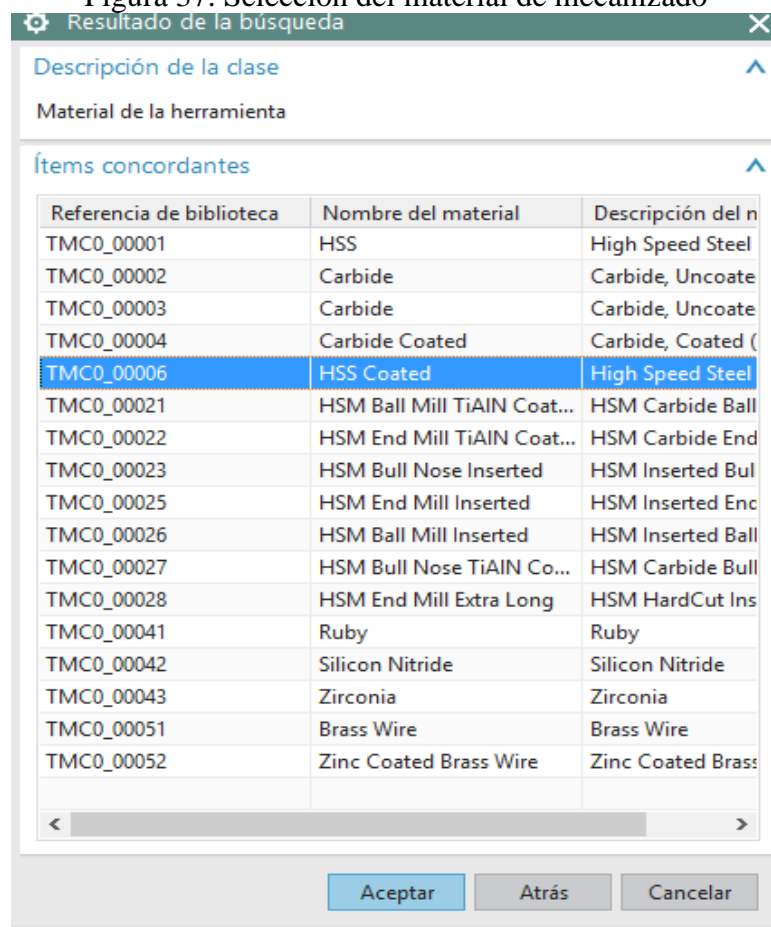
Figura 36. Parámetros de herramientas



Fuente: Autores

3.5.2 *Selección del material de la herramienta de corte.* Una vez ingresados los datos antes mencionados asignamos el tipo de material para nuestra fresa, este dependerá del material en el cual se va mecanizar el componente. Para nuestro mecanizado todas las herramientas son de acero rápido HSS.

Figura 37. Selección del material de mecanizado



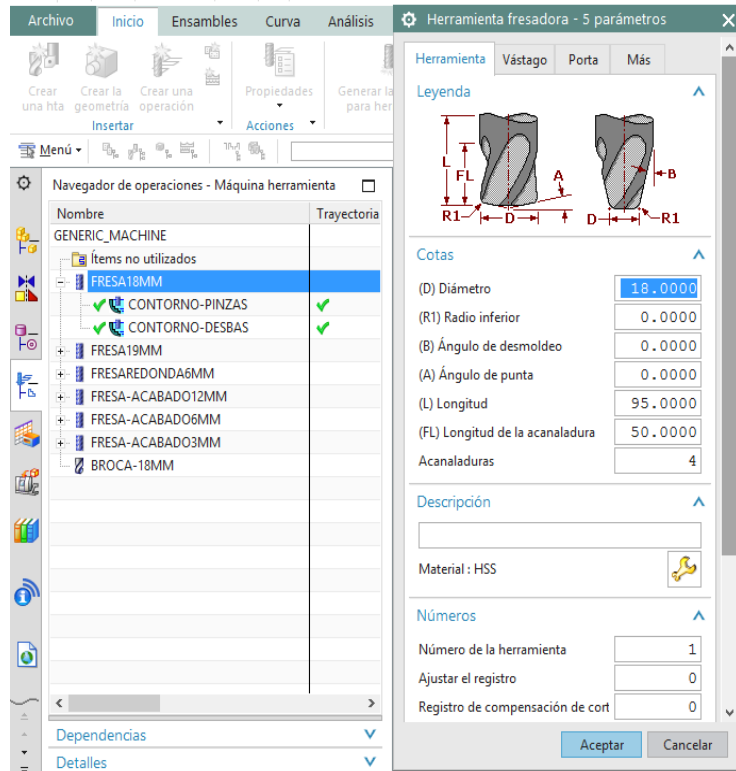
Fuente: Autores

3.5.3 *Herramientas de mecanizado.* Las herramientas se crean de acuerdo al perfil que contenga el componente mecánico por mecanizar.

En primer lugar debemos familiarizarnos con los tipos de herramientas. Estas pueden ser de diversas formas: fresas planas, de punta esférica, brocas, avellanadores, etc. Nuestro software NX10 nos ofrece una guía de herramientas de modo que el trabajo se limita a seleccionar la adecuada y rellenar los datos.

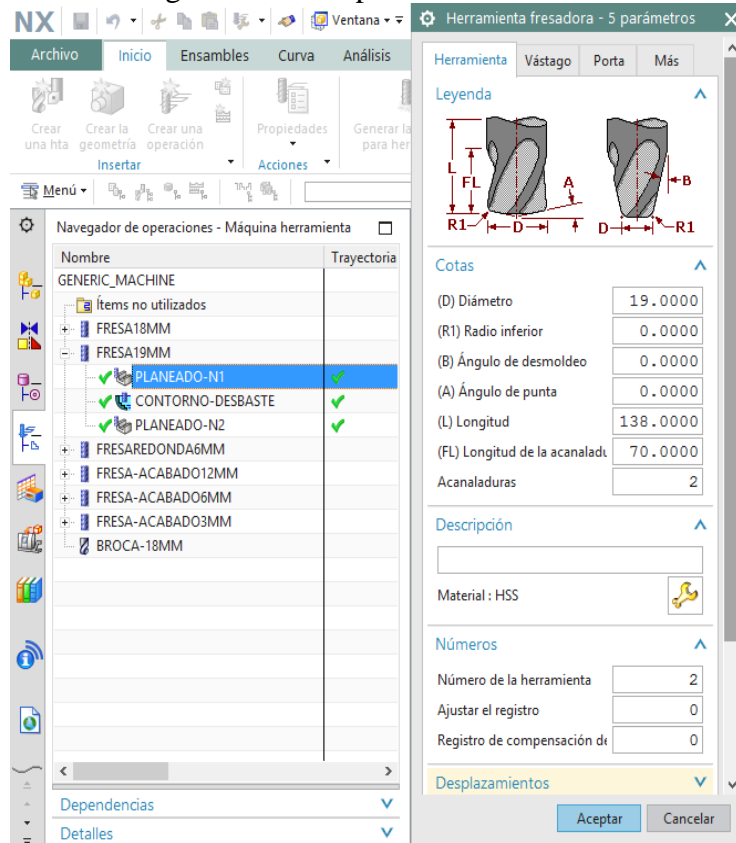
Para crear un modelo de herramientas debemos de seleccionar la orden “insertar herramienta”. La plantilla correcta para la definición del proceso de mecanizado, la encontraremos seleccionando el subtipo de operación adecuada de herramienta dentro de la definición de tipos. La primera pestaña herramientas, sirve para la definición de la herramienta propiamente dicha. El segundo campo contiene los parámetros numéricos de definición de herramienta: diámetro, longitud, radio, longitud y número de filos de corte de la herramienta, etc.

Figura 38. Fresa plana HSS Ø 18mm



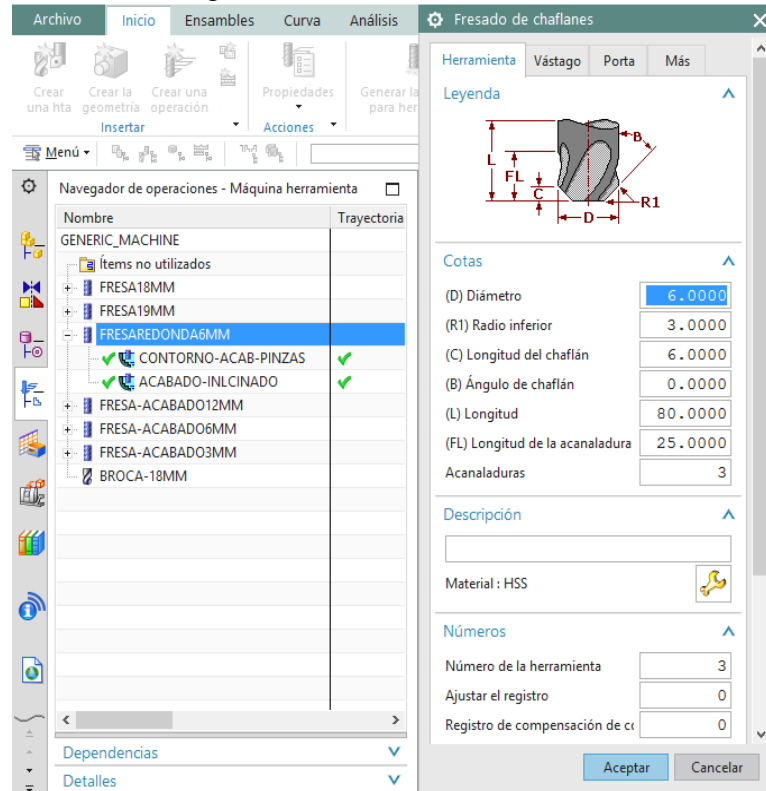
Fuente: Autores

Figura 39. Fresa plana HSS Ø 19mm



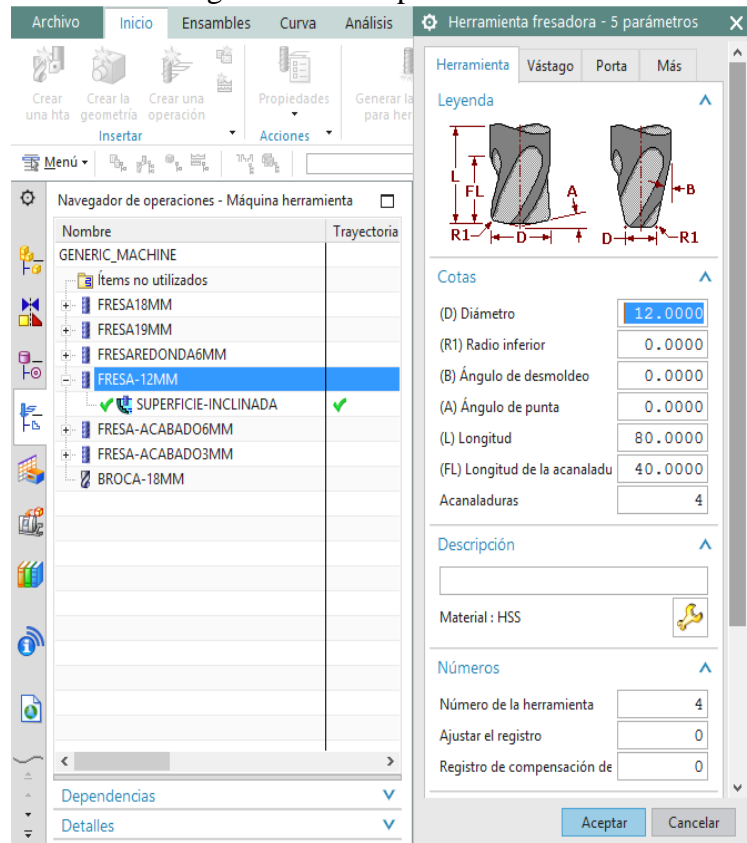
Fuente: Autores

Figura 40. Fresa redonda Ø 6mm



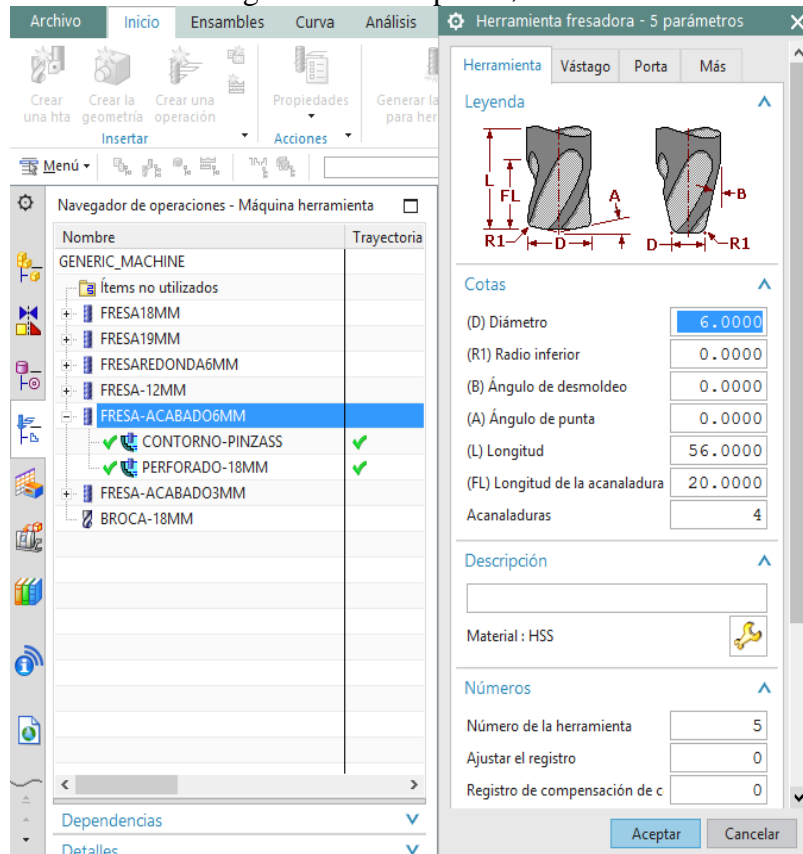
Fuente: Autores

Figura 41. Fresa plana Ø 12mm



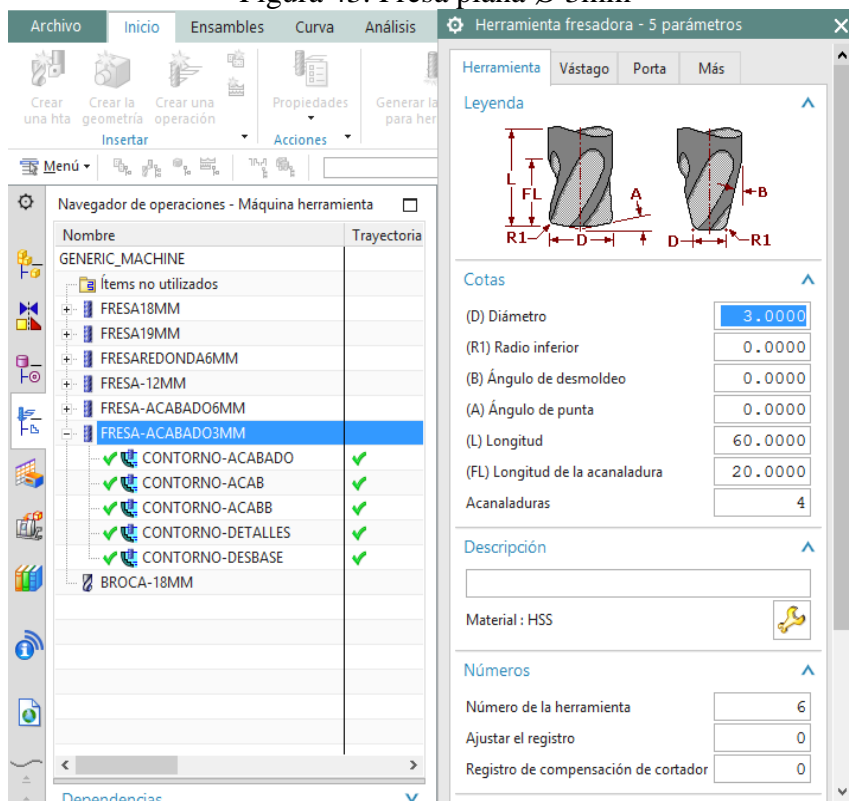
Fuente: Autores

Figura 42. Fresa plana Ø 6mm



Fuente: Autores

Figura 43. Fresa plana Ø 3mm

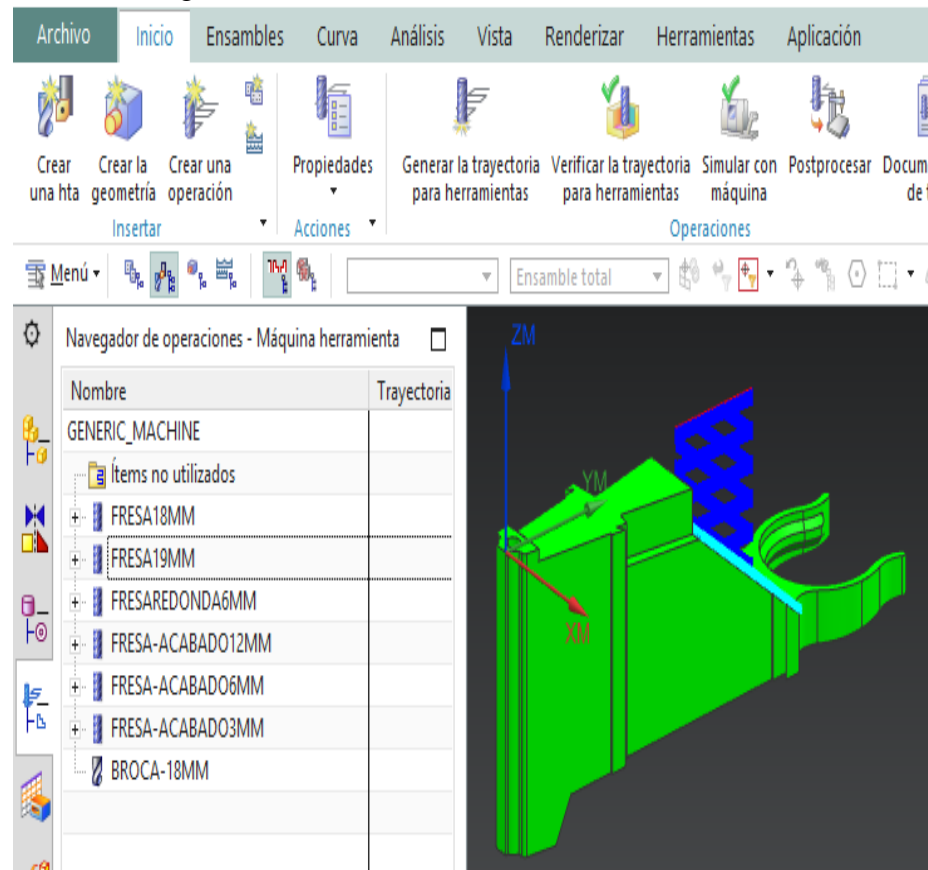


Fuente: Autores

Las herramientas que se van creando deben tener las especificaciones bien definidas, dado que el programa genera sus debidas compensaciones para la simulación del proceso. El software NX compensa las dimensiones de los ángulos y filetes de las herramientas.

Las herramientas que se crean se visualizan en la interfaz de NX y permite crear operaciones de mecanizado acorde a la herramienta.

Figura 44. Tablas de herramientas de mecanizado



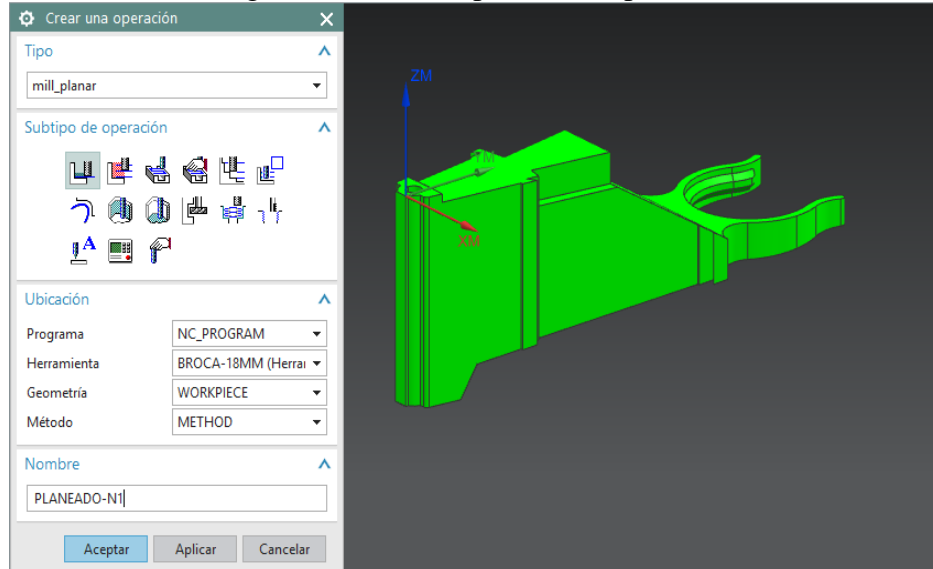
Fuente: Autores

3.6 Operaciones de trayectorias

3.6.1 *Crear operación.* Esta opción nos permite realizar los diferentes tipos de operaciones como desbastados, afinados, acabados.

En la ventana del software NX, hacemos clic en la opción crear operación, se nos despliega una nueva ventana donde elegimos el tipo de operación, el tipo de sub-operación, el tipo de herramienta que anteriormente creamos en la fase de crear herramientas, y damos un nombre a la operación que se está ejecutando.

Figura 45. Ventana para crear operación

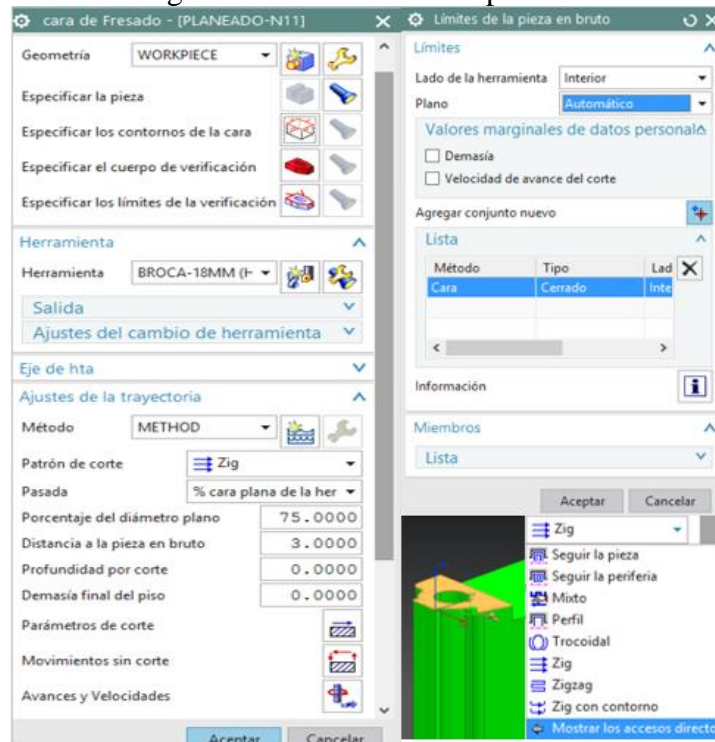


Fuente: Autores

Al aceptar esta primera ventana; se visualiza otra, en la que especificamos los parámetros requeridos para esta aplicación.

En esta parte de la programación especificamos la geometría de la pieza, en contorno o cara a mecanizar, el patrón de corte, y otras más que especificaremos más adelante.

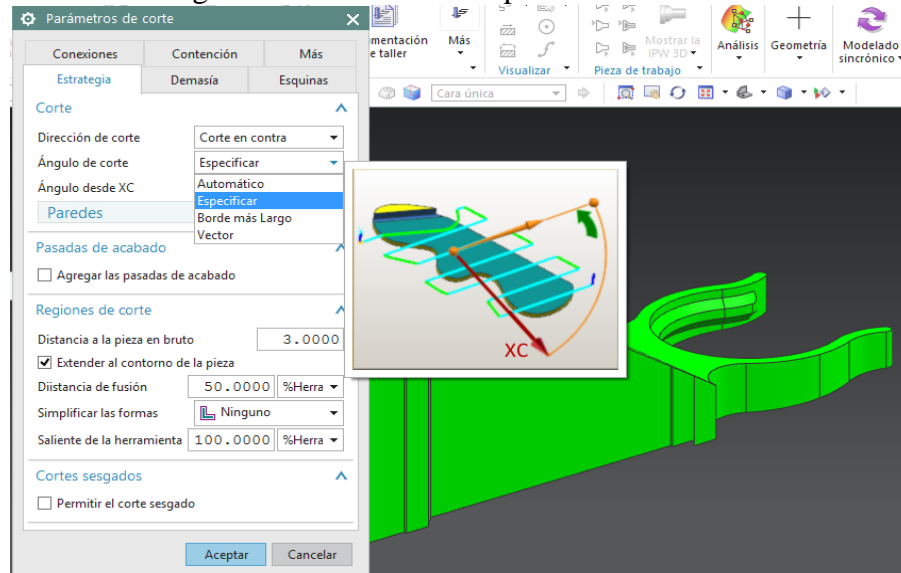
Figura 46. Parámetros de operación



Fuente: Autores

También es necesario entrar a la opción “parámetros de corte” e indicar los movimientos requeridos y la continuidad de las operaciones.

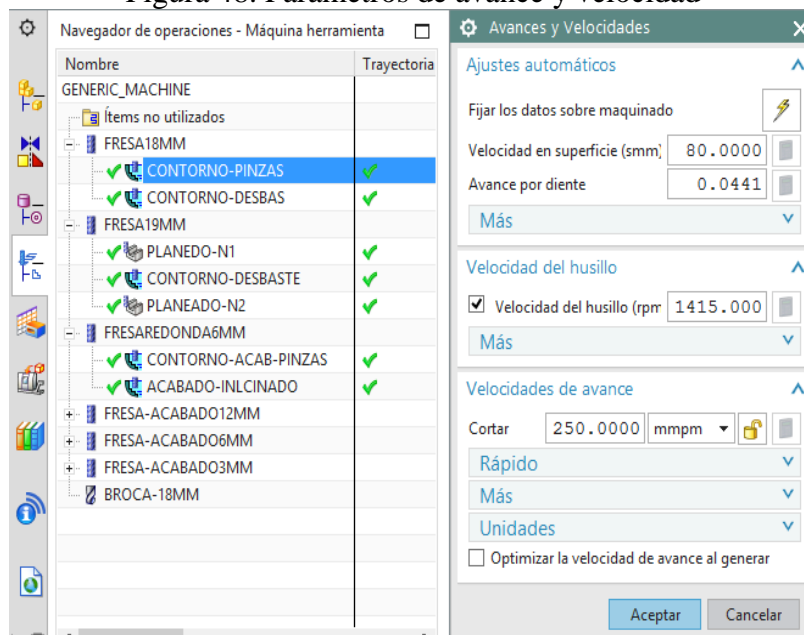
Figura 47. Ventana de los parámetros de corte



Fuente: Autores

También se deben especificar las velocidades de corte y avance. En esta fase de la programación ingresamos las revoluciones del husillo ya calculadas anteriormente para cada tipo de fresas o simplemente ingresamos el valor de la tabla de velocidades de corte, dependiendo del material y el software lo calcula de manera automática.

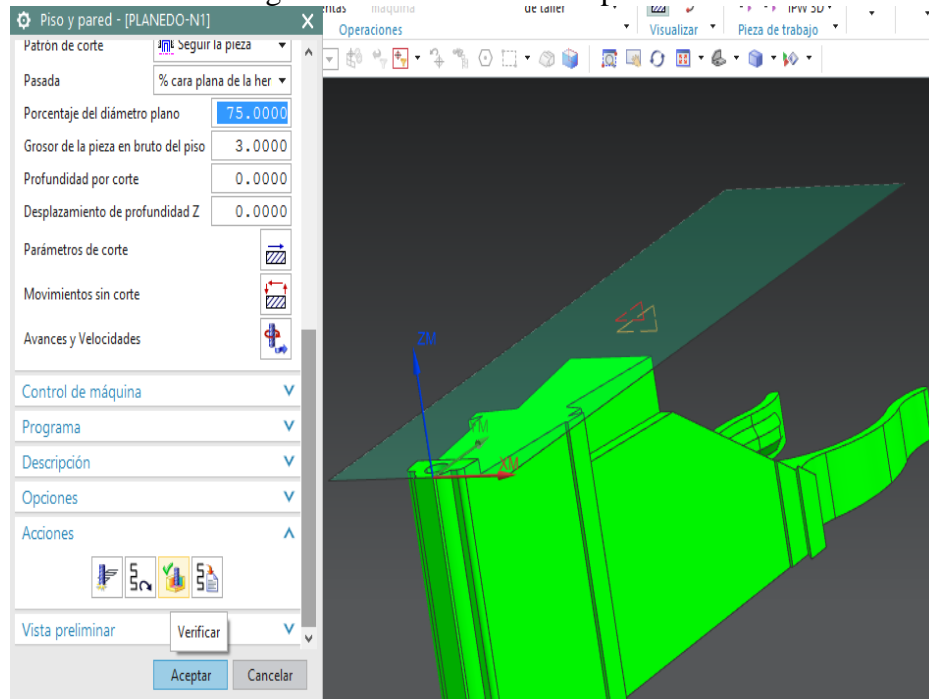
Figura 48. Parámetros de avance y velocidad



Fuente: Autores

Por último se debe realizar la respectiva generación y verificación de la operación. Este procedimiento se lo realiza para cada una de las operaciones que se vayan a generar en el mecanizado de un componente mecánico, en nuestro caso el carrusel portaherramientas.

Figura 49. Verificación de operación



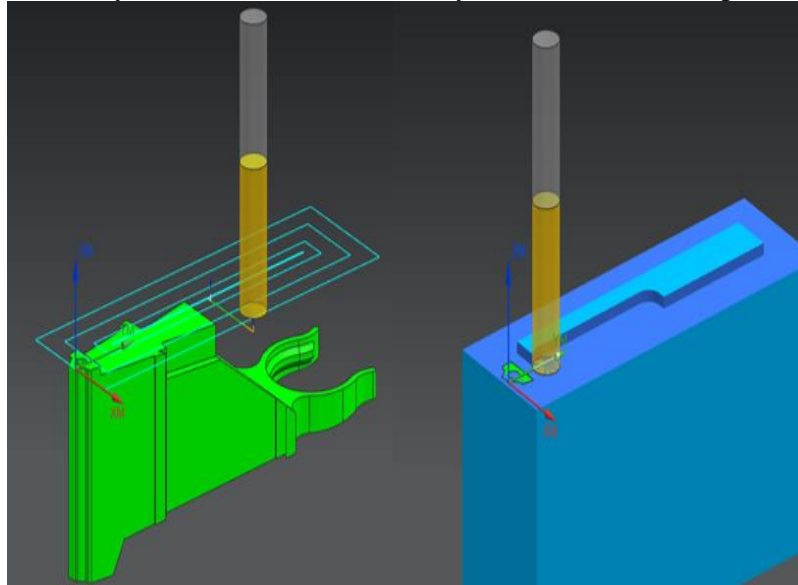
Fuente: Autores

Para cada elemento mecánico que se vaya a simular se deben analizar: las superficies, agujeros, contornos, con el objetivo de eliminar operaciones innecesarias. De esta manera se procura economizar tiempo y dinero en la fabricación de los mismos.

3.6.2 Operación de planeado N1. Creamos una operación de planeado para delimitar el mecanizado de nuestro diseño, y utilizamos una fresa de $\varnothing 19$ mm en acero rápido HSS. Podemos dar un nombre a nuestra operación para distinguir cada proceso durante la simulación del mecanizado, además escogemos la geometría de la pieza de trabajo, el área de corte, ubicamos las velocidades, generamos la operación, mandamos a simular para identificar errores de trayectoria y si no hay errores simulamos el mecanizado.

El proceso mencionado se explicó anteriormente paso a paso en la sección “**operaciones de trayectorias**”, debido a que lleva el mismo proceso generar las diversas operaciones para el mecanizado del carrusel portaherramientas.

Figura 50. Trayectoria de la herramienta y simulación 3D del planeado N1

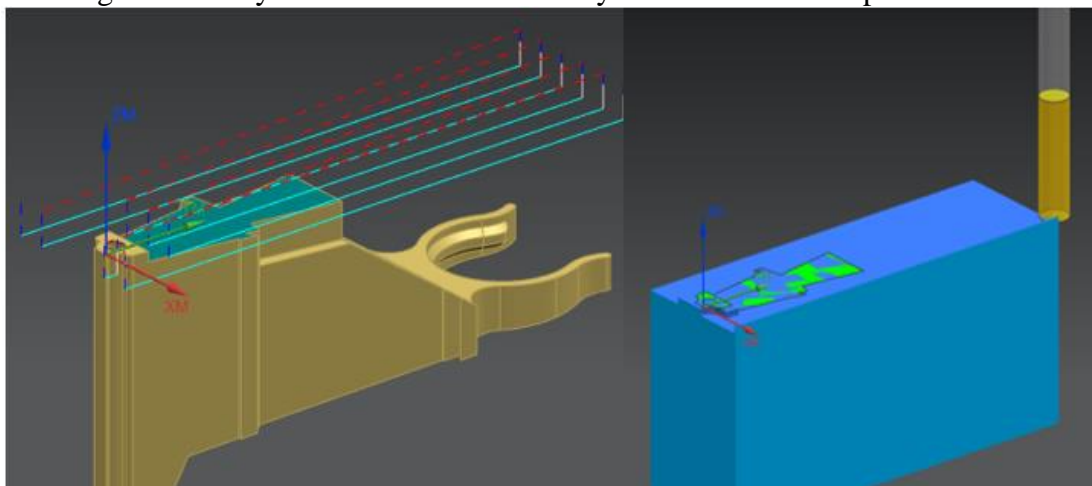


Fuente: Autores

3.6.3 *Operación de planeado N2.* Al igual que para el planeado N1 generamos una operación de planeado, con el fin de delimitar el mecanizado de nuestro diseño, utilizando una fresa de 19 milímetros de diámetro.

El proceso mencionado se explicó exactamente paso a paso en la sección “**operaciones de trayectorias**”.

Figura 51. Trayectoria de la herramienta y simulación 3D del planeado N2

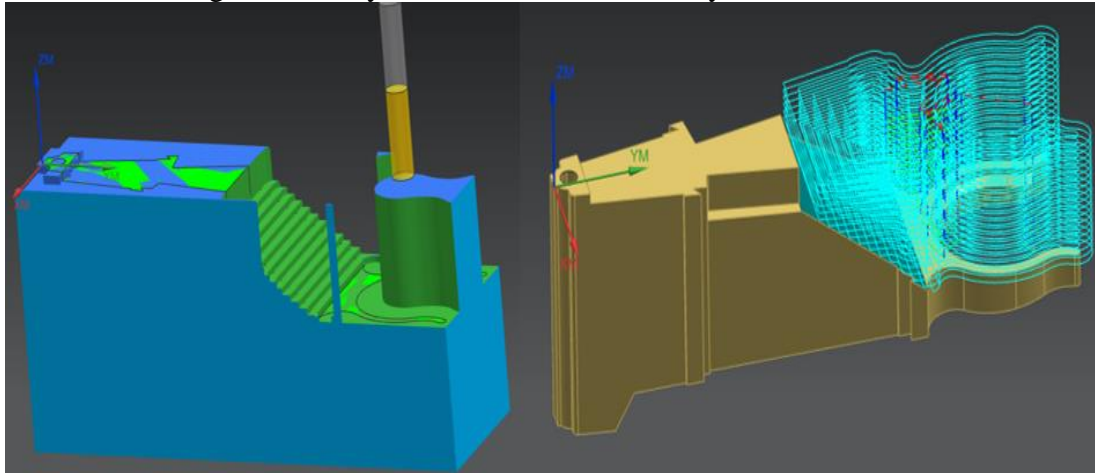


Fuente: Autores

3.6.4 *Desbaste de la superficie inclinada.* Mecanizamos la superficie inclinada por medio de la operación de contorno, para lo cual seleccionamos una fresa plana de acero rápido HSS de $\varnothing 12\text{mm}$.

El proceso de cómo crear una operación se explicó paso a paso en la sección **“operaciones de trayectorias”**, donde obtenemos la simulación y la trayectoria de la herramienta.

Figura 52. Trayectoria de la herramienta y simulación 3D

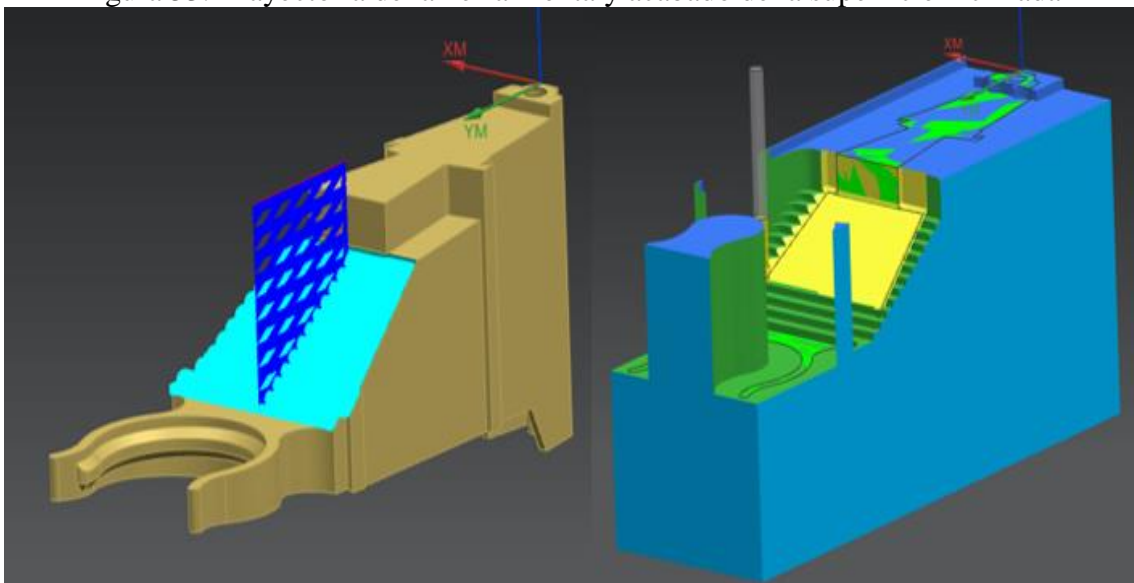


Fuente: Autores

3.6.5 *Acabado de la superficie inclinada.* Procedemos a realizar el acabado de la superficie inclinada por medio de la operación de contorno, con la única diferencia que para esta operación lo realizamos con una fresa redonda HSS de \varnothing 6mm.

La manera de cómo crear una operación se detalló en la sección **“operaciones de trayectorias”**.

Figura 53. Trayectoria de la herramienta y acabado de la superficie inclinada

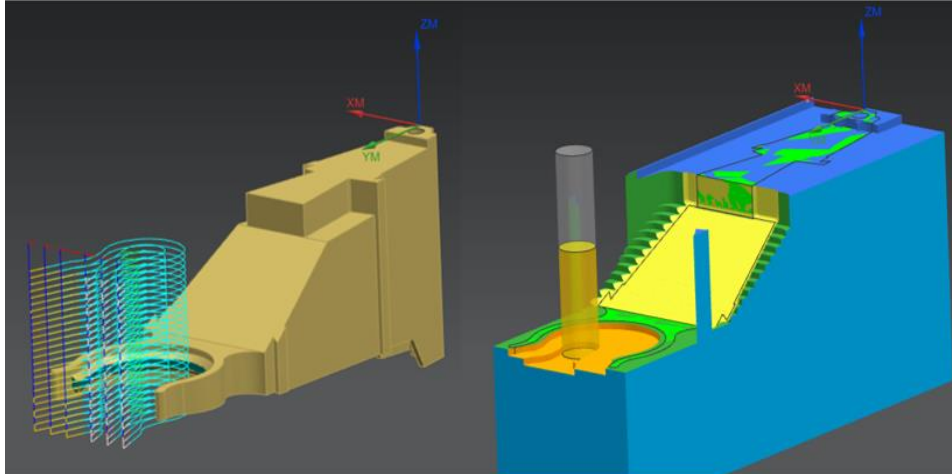


Fuente: Autores

3.6.6 *Desbaste del contorno de la pinza.* Para el desbaste del contorno de la pinza se lo mecaniza con una fresa plana de $\varnothing 18\text{mm}$.

La forma de cómo crear una operación se detalló en la sección “**operaciones de trayectorias**”.

Figura 54. Trayectoria de la herramienta y simulación en 3D

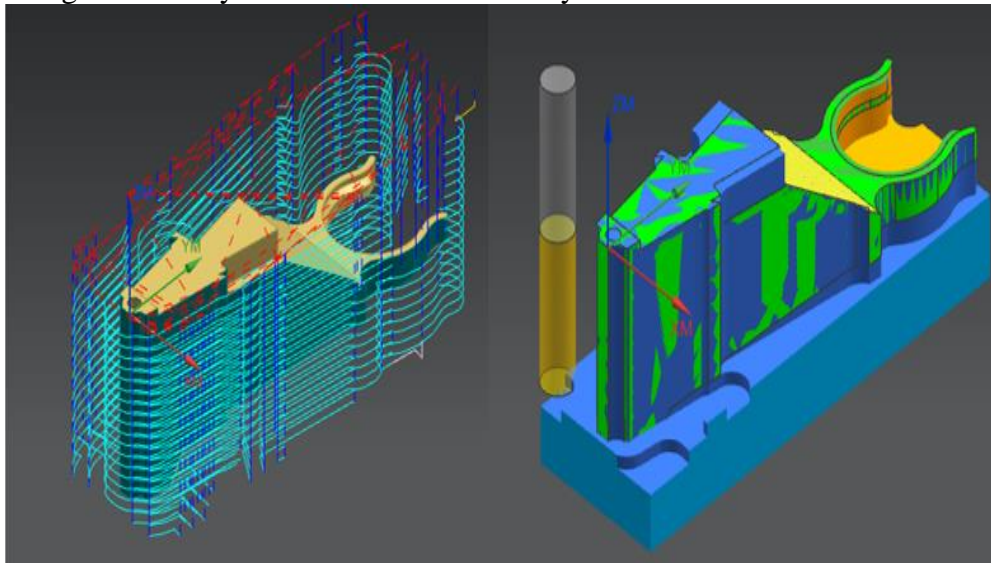


Fuente: Autores

3.6.7 *Desbaste del contorno exterior.* Creamos una operación de contorno para delimitar el mecanizado de nuestro diseño, y utilizamos una fresa plana HSS de $\varnothing 19\text{mm}$.

El proceso para crear una operación se expuso paso a paso en la sección “**operaciones de trayectorias**”, donde obtenemos el simulado y la trayectoria de la herramienta.

Figura 55. Trayectoria de la herramienta y desbaste del contorno exterior

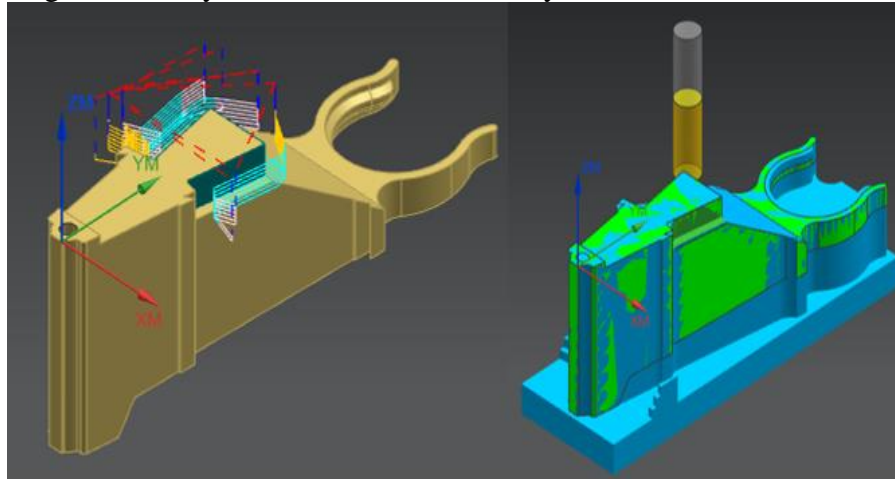


Fuente: Autores

3.6.8 *Desbaste del contorno N3.* Para el desbaste del contorno N3 del carrusel se lo mecaniza con una fresa plana de $\varnothing 18\text{mm}$.

La forma de cómo crear una operación se mencionó en la sección “operaciones de trayectorias”.

Figura 56. Trayectoria de la herramienta y desbaste del contorno N3

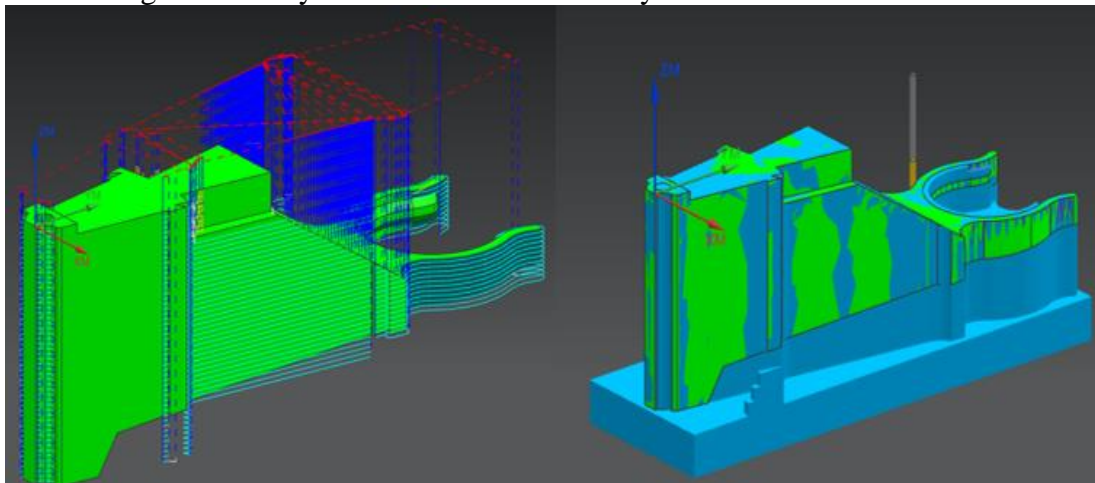


Fuente: Autores

3.6.9 *Acabados y detalles del carrusel.* Para el mecanizado de los detalles y acabados del contorno del modelo del carrusel portaherramientas, creamos una operación de acabado con una fresa plana HSS de $\varnothing 3\text{mm}$.

Ajustamos los avances de acuerdo a nuestra fresa, para estabilizar los parámetros de corte según el material y número de revoluciones del husillo.

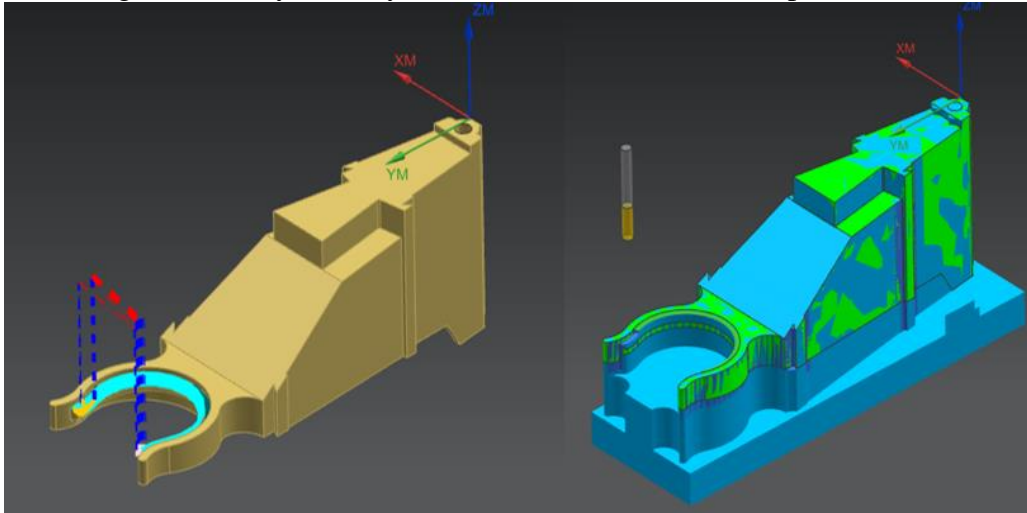
Figura 57. Trayectoria de la herramienta y simulado del acabado 3D



Fuente: Autores

3.6.10 *Acabado del contorno de la pinza.* Para mecanizar los detalles de la superficie de la pinza del carrusel portaherramientas, primero lo mecanizamos con una fresa plana HSS de \varnothing 6mm para realizar el desbaste. Posterior a ello mecanizamos con una fresa redonda HSS de \varnothing 6mm, con un número mayor de revoluciones del husillo para obtener superficies con mayor acabado superficial ya que es la parte más importante del carrusel portaherramientas.

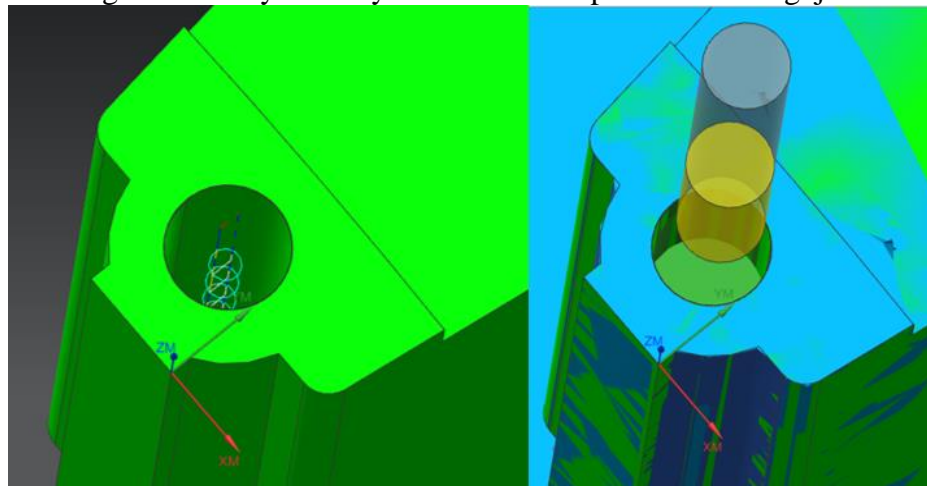
Figura 58. Trayectoria y simulación del acabado de la pinza en 3D



Fuente: Autores

3.6.11 *Perforado del agujero.* La operación de perforado realizamos con una fresa plana HSS de \varnothing 6mm, esta operación; por motivos de selección de herramienta, lo generamos por medio de un contorno, seleccionando nuestro agujero por medio de superficies.

Figura 59. Trayectoria y simulación del perforado del agujero



Fuente: Autores

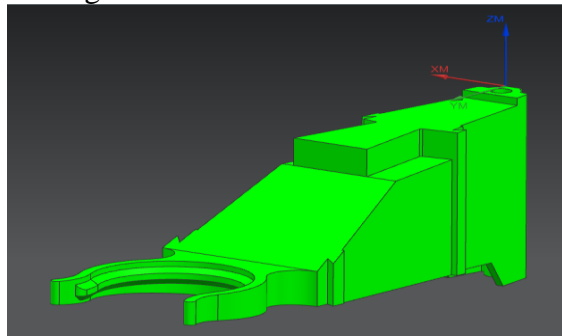
CAPÍTULO IV

4 FABRICACIÓN DEL CARRUSEL PORTAHERRAMIENTAS EN EL VMC BRIDGEPORT 800/22

4.1 Códigos ISO en la programación

En la actualidad se emplean los sistemas CAD/CAM que generan de manera automática el programa de mecanizado. En el sistema CAD, precisa de una computadora en la cual se diseña o modela el elemento que se desea maquinar, con la ayuda de los paquetes de dibujo (Rodríguez, 2008).

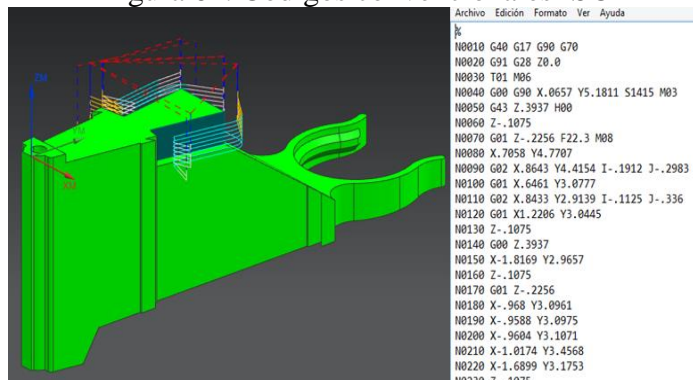
Figura 60. Diseño con sistema CAD



Fuente: Autores

El sistema CAM toma la información del diseño CAD, posterior a ello genera la trayectoria de corte que tiene que seguir la herramienta para la fabricación del modelo. A partir de esta ruta de corte se crea automáticamente los códigos ISO de programación de maquinado. (Rodríguez, 2008)

Figura 61. Códigos convencionales ISO



Los códigos que se mencionan a continuación se obtuvieron del manual del C.M. Bridgeport 800/22.

Tabla 9. Lenguaje de programación ISO

Función	Dirección	Formato	Significado
Número de programa	:	5	Número de programa
Número de subrutina	#	2	Número de subrutina
Número de etiqueta	L	1	Número de etiqueta
Número de secuencia	N	8	Número de secuencia
Función Preparatoria	G	3	Modo del sistema (lineal, arco, Etc.)
Coordinar palabra	X,Y,Z	+ 3.4	Comando del movimiento del eje X,Y,Z
	I,J,K	+ 3.4	Coordinar centro del arco
	U,V,W	+ 3.4	Movimiento incremental en X,Y,Z
	A	+ 3.3	Movimiento angular polar
	B	+ 3.3	Movimiento incremental angular polar
	D	+ 3.4	Diámetro de la herramienta
	E	+ 3.3	Ángulo Co-latitud
	Q	3.2	Tiempo de permanencia
	R	3.4	Radio del arco
Función de avance	F	3.1	Velocidad de avance
Función de la velocidad del husillo	S	4	Velocidad del husillo
Función de la herramienta	T	2	Número de la herramienta
Parámetros	P	+ 3.4	Parámetros de ciclos fijos

Fuente: (*Bridgeport Machines, INC., 1992*)

La programación está compuesto por bloques sucesivos, cada bloque contiene una identificación para el control de cada una de las instrucciones. Dentro de cada bloque se debe mantener esta orden de programación (Tabla 10), sin embargo no es necesario que estén presentes todos los ítems de programación.

Tabla 10. Estructura de bloque de programación CNC.

N	Número de secuencia
G	Función preparatoria
X, Y	Coordenadas
F	Velocidad de avance
T	Función de la herramienta
M	Función auxiliar

Fuente: Autores.

4.1.1 *Códigos generales o preparatorios.* Comúnmente son conocidos como lenguaje de bajo nivel o códigos G. Los códigos generales son un lenguaje de

programación vectorial con el cual se describen la geometría de la pieza junto con los parámetros de maquinado (velocidades del husillo, avances de la herramienta).

Tabla 11. Lista de códigos G.

Código G	Función
0	Marcha rápida
1	Interpolación lineal
2	Interpolación circular en sentido horario
3	Interpolación circular en sentido antihorario
4	Permanencia
8	Anular desaceleración modal desactivado
9	Anular desaceleración modal activado
12	Interpolación helicoidal CW
13	Interpolación helicoidal CCW
17	Selección del plano XY
18	Selección del plano XZ
19	Selección del plano YZ
22	Interpolación circular, entrada de redondeo CW
23	Interpolación circular, entrada de redondeo CCW
30	Imagen de espejo desactivado
31	Imagen de espejo en X activado
32	Imagen de espejo en Y activado
40	Compensación diámetro de la fresa desactivado
41	Compensación a izquierda de la fresa
42	Compensación a derecha de la fresa
44	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación normal
45	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
48	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa desactivado
49	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
54	Compensación de la altura de la pieza
70	Entrada en pulgadas
71	Entrada en milímetros
72	Transformación desactivado
73	Transformación/rotación, escala
74	Entrada de círculo multi-cuadrante desactivado
75	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
77	Ciclo de la fresa en Zig-Zag
78	Ciclo de la fresa en pocket
79	Ciclo de la fresa en perforado
80	Ciclo de taladrado desactivado
81	Ciclo Z, taladrado (alimentar, salida rápida)
82	Ciclo Z, punto de cara (alimentar, salida rápida)
83	Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)
84	Ciclo Z, golpear (alimentar, alimentar a cabo)
85	Ciclo Z, agujero (alimentar, alimentar a cabo)
86	Ciclo Z, agujero (alimentar, parada-espera, alimentar a cabo)

Fuente: (*Bridgeport Machines, INC., 1992*)

Tabla 12. Códigos preparatorios.

Código G	Función
87	Ciclo Z, ruptura de la viruta (salida rápida)
89	Ciclo Z, agujero (alimentar, taladrar, alimentar a cabo)
90	Programación en coordenadas absolutas
91	Programación en coordenadas incrementales
92	Control de la programación del punto cero
94	Modo velocidad de avance por minuto
95	Modo velocidad por vueltas del husillo
96	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada
97	Trabajo en conjunto del sistema de coordenadas
99	Anulación de desaceleración
170	Fresar marco exterior
171	Fresar marco interior
172	Fresar marco de bolsillo
173	Fresar cara exterior
174	Fresar cara interior
175	Fresar círculo exterior
176	Fresar círculo interior
177	Fresar círculo de bolsillo
179	Fresar ranura
180-189	Ciclo Z (similar a G81-G89) multi agujeros
191-199	Ciclo Z (similar a G81-G89) marco de agujeros

Fuente: (*Bridgeport Machines, INC., 1992*)

Tabla 13. Encendido y reinicio de los códigos G.

Código G	Función
0	Marcha rápida
8	Anular desaceleración modal desactivado
17	Selección del plano XY
30	Imagen de espejo desactivado
40	Compensación diámetro de la fresa desactivado
45	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
49	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
70/71	Entrada en pulgadas o en milímetros
72	Transformación desactivado
75	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
90	Programación en coordenadas absolutas
94	Modo velocidad de avance por minuto
96	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada

Fuente: (*Bridgeport Machines, INC., 1992*)

4.1.2 *Códigos Misceláneos.* Conocidas también como funciones auxiliares M, que se utilizan para programar funciones especiales en la máquina, por ejemplo: Parada o arranque del husillo, abrir o cerrar el suministro del líquido refrigerante.

Tabla 14. Funciones auxiliares M.

M00	Parada del programa
M01	Parada condicional del programa
M02	Final del programa
M03	Arranque del husillo en sentido horario
M04	Arranque del husillo en sentido anti-horario
M05	Parada del husillo
M06	Cambio de herramienta
M30	Final del programa con reseteo de variables

Fuente: <http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>

- *Código S.* Este código se utiliza para programar la velocidad del husillo o la velocidad de la pieza en un torno. Ejemplo: S100 Indica que el husillo gira a 100 rpm.
- *Código F.* Designa el avance de la pieza en el mecanizado, dependiendo del sistema de unidades será: mm/min o pulgadas/min.
- *Código T.* Asigna un número a la herramienta en el carrusel, es decir la herramienta se coloca en una posición en particular y se puede activar cuando sea necesario.

4.2 Generación de códigos para la manufactura de cada parte del carrusel

Al llegar a esta fase tenemos la definición de una serie de datos y una simulación del carrusel porta-herramientas, pero en realidad eso no es más que un resultado informático. Necesitamos un elemento mecanizado real y para lo cual es necesario obtener un fichero con el código adecuado a la máquina que vayamos a utilizar.

El proceso es sumamente simple, NX mediante la herramienta del post-procesado, ira traduciendo las trayectorias anteriormente generados al código de la máquina de acuerdo a una plantilla que lo denominamos post-procesador.

Los códigos generados hay que corregirlos e insertar un encabezado correcto para que el centro de mecanizado CNC lo reconozca y lo ejecute de la manera adecuada.

4.2.1 Códigos generados con NX10 para el mecanizado del Carrusel

- **Planeado N1.**

%	N0180 X.6747
N0010 G40 G17 G90 G70	N0190 Y4.8076
N0020 G91 G28 Z0.0	N0200 X.1137
N0030 T02 M06	N0210 Y1.1222
N0040 G00 G90 X1.7278 Y4.8076	N0220 X-.5979
S1340 M03	N0230 Y8.4931
N0050 G43 Z.3937 H00	N0240 X.1137
N0060 Z.1181	N0250 Y4.8076
N0070 G01 Z0.0 F10.6 M08	N0260 X-.2229
N0080 X1.2357	N0270 Y1.4588
N0090 Y.0001	N0280 X-.2613
N0100 X-1.7199	N0290 Y8.1565
N0110 Y9.6151	N0300 X-.2229
N0120 X1.2357	N0310 Y4.8076
N0130 Y4.8076	N0320 X-.1048
N0140 X.6747	N0330 Z.1181
N0150 Y.5611	N0340 G00 Z.3937
N0160 X-1.1589	N0350 M02
N0170 Y9.0541	%

- **Planeado N2.**

%	N0210 Z-.1575
N0010 G40 G17 G90 G70	N0220 G01 Y9.9892
N0020 G91 G28 Z0.0	N0230 Z.2165
N0030 T02 M06	N0240 G00 Z.3937
N0040 G00 G90 X-1.7198 Y-.3739	N0250 X.4052 Y.9633
S1340 M03	N0260 Z-.1575
N0050 G43 Z.3937 H00	N0270 G01 Y9.9892
N0060 Z-.1575	N0280 Z.2165
N0070 G01 Y9.9892 F10.6 M08	N0290 G00 Z.3937
N0080 Z.2165	N0300 Y-.3739
N0090 G00 Z.3937	N0310 Z-.1575
N0100 X-1.1885 Y-.3739	N0320 G01 Y-.1043
N0110 Z-.1575	N0330 Z.2165
N0120 G01 Y9.9892	N0340 G00 Z.3937
N0130 Z.2165	N0350 X.9365 Y-.3739
N0140 G00 Z.3937	N0360 Z-.1575
N0150 X-.6573 Y.9646	N0370 G01 Y9.9892
N0160 Z-.1575	N0380 Z.2165
N0170 G01 Y9.9892	N0390 G00 Z.3937
N0180 Z.2165	N0400 M02
N0190 G00 Z.3937	%
N0200 X-.126 Y.9721	

4.3 Transferencia de códigos al centro de mecanizado Bridgeport 800/22

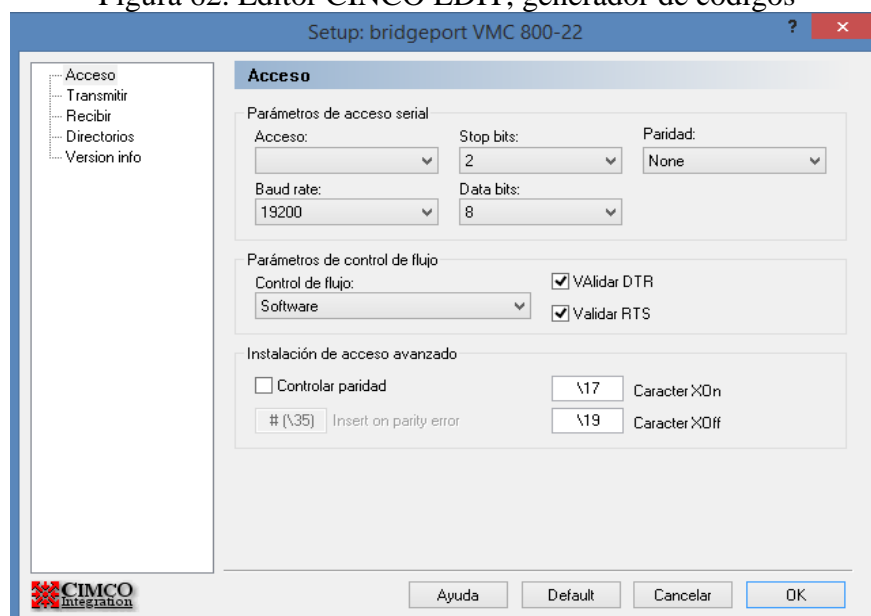
Los códigos que generamos anteriormente mediante el software NX, son editados en “CIMCO EDIT” para transferir la trayectoria del proceso de mecanizado al post-procesador de la maquina.

CIMCO EDIT es un software que se utiliza para crear y editar códigos de programación CNC, este programa proporciona un conjunto completo de herramientas de edición esenciales necesarios para satisfacer las demandas de la edición moderna de programación.

CIMCO EDIT ofrece todas las funciones que se esperan de un editor de texto. Lo mejor de dicho software es totalmente configurable y se adapta fácilmente a cualquier entorno de edición de programas CNC existente. Además este software incluye el simulador gráfico integrado para fresado / torneado que representa programas CNC de fresado de 3 ejes y torneado de 2 ejes, con visualizaciones paso a paso y continua, hacia adelante he invertido.

Las máquinas de control numérico o centros de mecanizado tienen una configuración diferente para identificar los códigos que se puedan generar en el software CAD/CAM.

Figura 62. Editor CIMCO EDIT, generador de códigos



Fuente: Autores

En el software CIMCO EDIT, se debe configurar el DNC, para lo cual se debe ubicar los parámetros que se encuentran en el manual de la maquina como: bits de parada, velocidad de transferencia, puerto serial entre otros.

El DNC permite una comunicación entre una computadora y el panel de control quien ejecuta el algoritmo de ciertos códigos.

El DNC es un programa de comunicación para administrar y transferir programas de código numérico NC entre una computadora PC y máquinas de control numérico CNC, vía puerto serial, red local bajo Windows o inalámbrico, desde una sola máquina CNC a redes híbridas complejas.

Los códigos que se generan con el software NX10 no son compatibles con todas las maquinas CNC, por lo cual es necesario un post-procesador del centro de mecanizado Bridgeport VMC 800/22.

La programación de la maquina debe tener un encabezado inicial con la finalidad de corregir o detener diferentes funciones como: taladrado, planeado entre otros que se haya activado en programas anteriores (Pillajo, y otros, 2015).

El encabezado del centro de mecanizado está compuesto por los códigos:

G90G71G17G40G75G54.

G90: Coordenadas absolutas.

G71: Detener el ciclo de taladrado.

G17: Seleccionar el plano XY.

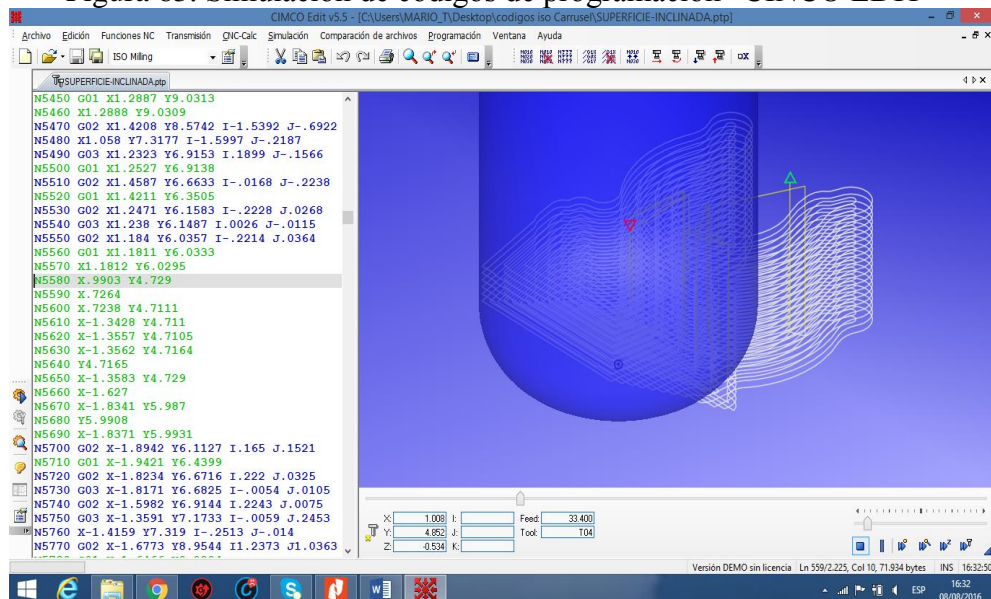
G40: Cancelar compensación de herramienta.

G75: Cancelar el ciclo de roscado.

G54: Primer decalaje del origen.

Es importante verificar el encabezado de la programación para identificar los parámetros con los que se va a trabajar, de ser necesario podemos simular las funciones del algoritmo y detectar si hay trayectorias que no estén específicas dentro de la operación que se esté ejecutando.

Figura 63. Simulación de códigos de programación “CINCO EDIT”



Fuente: Autores

Las líneas de códigos lo mandamos a cargar mediante un puerto RS232, que es una interfaz de intercambio de datos, en el panel de control de la maquina creamos un programa con un nombre y recibimos las líneas de código. Luego el operario lo ejecuta en forma automática o bloque a bloque ya dependerá de él.

4.4 Mecanizado del carrusel portaherramientas

4.4.1 *Sujeción del material.* La sujeción del bloque de madera es mediante una mordaza con un apriete adecuado, para que esté no vaya hacer disparado al momento de que la herramienta comience a desprender material. Además se debe tener en cuenta los desplazamientos de la mesa y del husillo para evitar colisiones.

4.4.2 *Encontrar el cero pieza.* Al iniciar la programación de una pieza o elemento mecánico, se debe conocer donde referenciar todas las medidas de dicha pieza, este punto de referencia se denomina el cero pieza. Por lo tanto, lo primero que se debe hacer al iniciar un proceso de programación o mecanización es determinar el punto cero de la pieza.

Con la ayuda de un palpador centramos la pieza en posición relativo al husillo y a las coordenadas de referencia realizadas en el software NX10, En el panel de control los valores de los ejes X, Y, Z toman un valor igual a cero.

4.4.3 *Mecanizado del carrusel porta-herramientas*

- Mecanizado del contorno exterior.

Figura 64. Mecanizado del contorno exterior



Fuente: Autores

- Mecanizado de la superficie inclinada.

Figura 65. Mecanizado de la superficie inclinada



Fuente: Autores

- Mecanizado del contorno de las pinzas.

Figura 66. Contorno de la pinza



Fuente: Autores

- Mecanizado del contorno N3.

Figura 67. Desbaste del contorno N3



Fuente: Autores

- Mecanizado del acabado de contorno de la pinza.

Figura 68. Acabado del contorno de la pinza



Fuente: Autores

- Mecanizado o perforado del agujero.

Figura 69. Taladrado del eje guía



Fuente: Autores

4.5 Análisis de adquisición del componente o material

Este aspecto contempla llevar a cabo un análisis del componente o material para el proceso de fabricación, donde se determina la mejor alternativa con respecto a su fabricación u obtención del componente de sujeción portaherramientas, evaluando factores importantes como:

Factores que intervienen en la adquisición del material en bruto.

- Contactar con el proveedor, entre ellas figuran un sinnúmero de empresas.
- Tramitar su traslado por encomienda, pagando las tarifas arancelarias respectivas.
- Llevar el control de su arribo mediante un código de ruta.
- Cancelar impuestos arancelarios sobre el paquete (peso y contenido).
- Declarar la naturalización en Aduana.
- Impuesto (IVA), por cada pieza fabricada, al no demostrar su no comercialización.
- Consolidar la entrega a domicilio.
- Por último, tomar la mejor decisión con respecto al costo total.

Tabla 15. Análisis del material en bruto

Pasos	Datos o requisitos	Tramite	Peso kg/m	Unidad	Subtotal \$	Total \$
1	Barra de Nylon Ø14cmx26cm.	Compra	11,8	9	90 c/u	810
2	Tramitar su traslado	Encomienda	11,8	1	400	400
3	Tarifa arancelaria en Aduana	Pagos	x	x	88	88
4	Cancelar el exceso de peso 8lb=\$50	Pagos	x	x	112,5	112,5
5	Consolidar la entrega a domicilio	Pagos	x	x	50	50
TOTAL:						\$1460,5

Fuente: Autores

Observaciones: En este análisis se han citado los puntos más importantes, excluyendo ciertos gastos operativos con respecto a la fabricación; por lo cual, el monto total asciende con relación a la adquisición del material, sumándose el incremento a la pieza del 10% de su valor.

Factores que intervienen en la adquisición del componente ya elaborado.

- Contactar con el proveedor, entre ellas figuran un sinnúmero de empresas.
- Tramitar su traslado por encomienda, pagando las tasas arancelarias respectivas.
- Consolidar la entrega a domicilio.

Tabla 16. Análisis del componente ya elaborado.

Pasos	Datos o requisitos	Tramite	Peso kg/m	Unidad	Subtotal \$	Total \$
1	Segmento Carrusel BT40	Compra	X	9	75 ^{c/u}	675
2	Tramitar su traslado	Encomienda	X	1	320	320
3	Entrega a domicilio	Encomienda	X	1	50	50
TOTAL:						\$1045

Fuente: Autores

Observaciones: Este tipo de trámite tiene mayores ventajas, por estar exento de pagos con relación: al peso, contenido y tarifas arancelarias e impuesto (IVA). Demostrando ser la mejor alternativa tomando en cuenta culminar la fabricación mediante un ensayo en un prototipo de madera y como aporte adicional la reparación del sistema neumático del husillo.

5 COSTOS

5.1 Costos directos

Tabla 17. Costos directos

Descripción	Detalle o # unidades	Cantidad	Subtotal \$	Total \$
Carrusel Portaherramientas	BT40	9	116,11	1045,00
Herramientas	U	2	40,00	80,00
EPP	U	1	50,00	50,00
Prototipo BT40 (Madera)	3	3	20,00	60,00
Regulador de aire a presión	U	1	200,00	200,00
TOTAL COSTO DIRECTO				1435,00

Fuente: Autores

5.2 Costos indirectos

Tabla 18. Costos indirectos

Descripción	Detalle o # unidades	Cantidad	Subtotal \$	Total \$
Gastos operativos				60,00
Mantenimiento MHCN	3 días	3 días	60,00	
Gastos de Computo				120,00
Impresora	U	1	120,00	
Gastos Administrativos				66,80
Papel	Resma	2	3,40	
Tinta Impresora	Cartucho	2	25,00	50,00
Empastado Trabajo de Grado	U	1	10,00	10,00
TOTAL COSTO INDIRECTO				246,80

Fuente: Autores

5.3 Costo total

CT = Costo Directo + Costo Indirecto

CT = \$ (1435+246,80) USD

CT = \$ 1681,80 USD

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se consideró analizar el C.M. Bridgeport VMC 800/22, para determinar el estado situacional que causa la ruptura de los segmentos del carrusel portaherramientas, localizando el inconveniente en la descompresión del husillo, del cual se reparó.

Para determinar los elementos dañados en el almacén de herramientas del C.M. Bridgeport se procede a desmontar su base y determinar el número de piezas a reemplazar de esta forma completamos las 22 secciones del conjunto carrusel portaherramientas en buenas condiciones.

Mediante su desmontaje se extrajo una muestra en buenas condiciones del carrusel portaherramientas, por defecto de considerar sus dimensiones en el proceso de modelado con software Siemens Nx10 y generar los códigos de programación para mecanizar cualquier tipo de material, obteniendo el mismo componente.

Dentro de los distintos materiales termoplásticos industriales que se hallan en el mercado, se seleccionó el compuesto en poliamidas (PA6) tipo nylon adecuado para la fabricación y tomado en cuenta en la generación de los códigos de programa con sus cálculos respectivos, para el proceso de manufactura empleando software Siemens Nx10.

Para determinar los costos de la fabricación se amplió la investigación en la existencia del componente en el mercado; ya que por tratarse de una máquina de segunda mano donada por los estudiantes, sus repuestos dejan de fabricarse. Por tal razón, se contactó con un proveedor que facilitó los medios para adquirir el componente a más bajo costo, del que nos tomaría producirlo por unidades e importar la materia prima; de todas formas quedo demostrado que su fabricación es posible realizarlo en el mismo C.M.

6.2 Recomendaciones

Tomar las debidas precauciones al momento de trabajar en la MHCN Bridgeport al establecer la presión de trabajo requerida en 28 psi, para así evitar la descompresión en el husillo y por ende la ruptura de los segmentos del carrusel portaherramientas.

Llevar el control de la unidad de mantenimiento FRL y la fuente de generación de aire compresor, en drenar el condesado mediante la purga manual, para así evitar la descompresión y oxidación de las cámaras; a más de ello, chequear el nivel de aceite de la unidad de lubricación que ayuda a evitar el desgaste en los elementos actuadores.

Verificar que se tomen las debidas precauciones al momento de desmontar cualquier sección del VMC Bridgeport 800/22 con la fuente de alimentación conectada y que a cargo este personal calificado o capacitado con sus respectivos EPP.

Seguir las debidas indicaciones de la guía del plan de mantenimiento que facilita el fabricante del C.M. Bridgeport VMC 800/22, para el cuidado y resguardo de los componentes de la máquina y de esta forma evitar la descompresión del husillo, como a su vez la ruptura de los componentes del carrusel portaherramientas.

Es necesario que la máquina herramienta Bridgeport VMC 800/22, cuente con sus debidas señaléticas de seguridad para identificar las zonas de peligro y que el operario este consciente del riesgo que toma en cuánto a su seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

BESANTE, Aguilera. *Technologie Metall fur maschinentechnische Berufe*. Barcelona España : EDIBOSCO, 1982.

BRIDGEPORT MACHINES, INC. VMC Opetator`s Manual - DX32 CNC Control. *Manual del Operario DX32 Bridgeport VMC 800/22*. Taiwan : Bridgeport, 1992. 1104-2832.

BRIDGEPORT, INC. Manual de Instalación y Mantenimiento. *Discovery Torq-Cut 22*. Taiwan : Bridgeport, 1992. 1104-2803.

BURGOS, Briviesca. VINILSHOP. [En línea] . [Citado el: 25 de 07 de 2006.]; [fecha de consulta: 03 de 08 de 2016]. Disponible en: <URL> <http://www.fresado.com/documentos/Catalogo%20Ordenado%202012.pdf>.

CROSER, P; et al. Festo Didactic GmbH & Co., *Fundamentos de neumática.*, D-73770 Denkendorf, 2000. [fecha de consulta: 03 de 08 de 2016]. Disponible en: <URL> <file:///C:/Users/Alex/Downloads/DESCARGAS%20GOOGLE%20CHROME/712748529.manual%20de%20neum%C3%A1tica%20FESTO.pdf>. 095003 E.

EBEL, F; et al. Festo Didactic., Fundamentos-Neumática Electroneumática. *Festo Didactic., Fundamentos-Neumática Electroneumática*. [En línea] 26 de 11 de 2010. [fecha de consulta: 09 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/573031_lb_pep_extracto_es.pdf. 573031 ES.

EBEL, F; et al. *Fundamentos de la Técnica de automatización*. Enero del 2008. Alemania : Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2008. 563062 .

GONZALEZ, Kary. Fibras sintéticas 1. *Fibras sintéticas 1*. [En línea] blogspot, 8 de Abril de 2013. [fecha de consulta: 15 de Agosto de 2016.] Disponible en: <URL> http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/poliamida-o-nylon_8.html.

GONZÁLEZ, Sergio Gómez. *El gran libro del SolidWorks*. Barcelona-España : MARCOMBO, S.A, 2015. ISBN: 978-84-267-2173-0.

GROOVER, Mikell P. *Fundamentos de manufactura moderna*. [trad.] P.C.R. Cordero, J.E. Brito y Murrieta, M.J.E. Tercera edición. México, D. F. : McGraw-Hill Interamericana, 2007. 13: ISBN: 0-471-74485-9.

GRUPO CNC. Fresadora CNC. *Fresadora CNC*. [En línea] 18 de 07 de 2010. [fecha de consulta: 20 de 03 de 2016.] Disponible en: <URL> <http://gp3mp2010.blogspot.com/p/profundidad-de-corte-o-de-pasada.html>

HAWKES, B.R. *THE CAD/CAM PROCESS*. Madrid-España : Paraninfo, S.A., 1989. ISBN: 84-283-1679-1.

INDUSTRIAL, Makro. wordpress. *wordpress*. [En línea] 08 de 2014. [fecha de consulta: 16 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> <https://makrodidactica.files.wordpress.com/2014/08/cap6-electroneumatica.pdf>.

KRAR, F. Steven & Check, F. Albert. *Tecnología de las Máquinas Herramientas*. México : MARCOMBO S.A., 2002. ISBN: 8426713297.

LAMIKIZ, A., Sánchez, J. A. & Salgado, M. A. Interempresas.net / METALMECÁNICA. *Interempresas.net / METALMECÁNICA*. [En línea] Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad del País Vasco., 15 de 12 de 2002. [fecha de consulta: 19 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/26079-Conos-porta-herramientas-para-mecanizado-de-alta-velocidad.html>.

MAJUMDAR, S.R; et al. *Sistemas Neumáticos: Principios y Mantenimiento*. México : McGraw-Hill, 1998. ISBN: 9701018249.

MILLÁN, Gómez. *Procedimientos de Mecanizado*. Madrid : Paraninfo, 2006. ISBN: 84-9732-428-5.

PERALTA, Luis Alberto Jaramillo. CUAUTITLÁN . *avalon.cuautitlan2*. [En línea] 5 de 12 de 2011. [fecha de consulta: 14 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> <http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/biblioteca/tesis/2239.pdf>. 40206432-7.

PILLAJO, Mario. & Shagñay, Franklin. (*Tesis de Grado*), *Modelado de un soporte de brida FY 512 U/AH*. Riobamba : s.f, 2015.

RIOJA, C.G.F; et al. *MANUAL DE MECANICA INDUSTRIAL-Neumática e Hidráulica*. MADRID-ESPAÑA : CULTURAL, S.A., 1999. pág. 29. Vol. 2. 84-8055-283-2.

RODRÍGUEZ, Castillo. F. D. Programación automática de maquinas CNC. *Programación automática de maquinas CNC*. [En línea] 08 de 2008. [fecha de consulta: 20 de 06 de 2016.] Disponible en: <URL>

http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/master_cam.pdf.

ROJAS, Luis H. Saavedra. *Scribd. Scribd.* [En línea] 2009. [fecha de consulta: 09 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> <https://es.scribd.com/doc/316974154/e11-sistemas-hidraulicos-y-neumaticos>.

ROYO, E. Carnicer. *Sistemas Industriales Accionados por Aire Comprimido.* Madrid : Paraninfo. S.A., 1996. ISBN: 8428323259.

SAPIENSMAN. Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica. *Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica.* [En línea] Sapiensman, 28 de 03 de 2016. [fecha de consulta: 09 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica6.htm#4.2%20filtro%20de%20aire>.

SIEMENS. Siemens PLM Software. *Siemens PLM Software.* [En línea] 22 de 09 de 2016. [fecha de consulta: 09 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> https://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/plm/cam.shtml.

SOLÉ, Antonio Creus. *Neumática e Hidráulica.* España : MARCOMBO, S.A., 2007. ISBN: 9788426714206.

TERUEL, Francisco Cruz. *Control numérico y programación II.* Barcelona : marcombo, 2010. pág. 30. ISBN: 978-84-267-1595-1.

VILLAR, Camilo. Marín. Conos y Portaherramientas. *Conos y Portaherramientas.* [En línea] 2012. [fecha de consulta: 09 de 09 de 2016.] Disponible en: <URL> http://www.metalactual.com/revista/26/herrami_conos.pdf.